

Ein Verfahren zur Wertermittlung von bergbaubeeinflussten Immobilien unter Verwendung des DCF-Verfahrens und der Fuzzy-Logik

Von der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau
der Technischen Universität Bergakademie Freiberg

genehmigte

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur
(Dr.-Ing.)

vorgelegt

von **M.Sc.-Ing. Anna Romańska-Sobol**
geboren am 22. November 1982 in Kraków, Polen

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. habil. Anton Sroka, Freiberg
Prof. Dr.-Ing. Franz Reuter, Dresden
Prof. Dr.-Ing. habil. Ryszard Hejmanowski, Kraków

Tag der Verleihung: 23. April 2013

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
1. Einleitung.....	4
2. Aufgabenstellung	5
3. Wertermittlungsverfahren	6
3.1 Normierte Verfahren	6
3.1.1 Vergleichswertverfahren.....	7
3.1.2 Ertragswertverfahren	8
3.1.3 Sachwertverfahren	12
3.1.4 Verfahrenswahl.....	13
3.2 Nicht normierte Verfahren	14
3.2.1 Discounted Cash Flow-Methode als Investitionsrechenverfahren	15
3.2.2 Residualwertverfahren.....	17
3.2.3 Monte-Carlo-Simulation.....	17
3.2.4 Investmentmethode.....	18
3.3 DCF-Methode als Investitionsrechenverfahren im Vergleich zum periodisierten Ertragswertverfahren	19
3.4 Die Wertermittlungsverfahren in Polen	20
4. Wertermittlungsfaktoren bergbaubeeinflusster Immobilien	21
4.1 Vorbemerkung.....	21
4.2 Bergschäden	22
4.2.1 Ursachen der Schäden.....	22
4.2.2 Bergschäden an Gebäuden.....	24
4.2.3 Grundwasseranstieg und Vernässungen an der Oberfläche.....	25
4.2.4 Altlasten.....	25
4.2.5 Radon.....	27
4.2.6 Sickerwasser	27
4.2.7 Bergschadensvermutungen	27
4.2.8 Schadensersatzansprüche.....	28
4.2.9 Reparatur und Sanierung	28
4.3 Minderwert bei Bergschäden.....	28
4.3.1 Schiefelagebezogener Minderwert	29
4.3.2 Merkantiler Minderwert	31
5. DCF als Wertermittlungsmethode für bergbaubeeinflusste Immobilien	33
5.1 Begründung der Verfahrenswahl.....	33
5.2 Diskontfaktor.....	34
5.3 Berechnungsablauf der Risikoprämie	35
5.4 Analyse der standortspezifischen Komponenten hinsichtlich der bergbaulichen Einwirkungen	36
5.4.1 Prognosen bergbaubedingter Wertminderungen von Gebäuden	36

5.4.2	Potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen	51
5.4.3	Sickerwassergefahr und bergbaubedingte Altlasten	52
5.5	Analyse der immobilien-spezifischen Komponenten	54
5.5.1	Altlastenverdachtsflächengefahr - nicht bergbaubedingt	54
5.5.2	Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage	55
5.5.3	Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten	56
5.6	Bestimmung des Risikoprämienbereiches	56
6.	Fuzzy-Logik	59
6.1	Vorbemerkung	59
6.2	Etappen der Fuzzy-Regelung	61
6.2.1	Fuzzifizierung	61
6.2.2	Fuzzy-Interferenz	65
6.2.3	Defuzzifizierung	70
7.	Darstellung des Untersuchungsgebietes	73
7.1	Einleitung	73
7.2	Geologie und Bergbau	74
7.3	Untersuchungsgebiete	76
7.3.1	Ehemaliges Kaiserin-Augusta-Schacht-Gebiet	76
7.3.2	Ehemaliges Bergarbeitersiedlungs-Gebiet	76
7.3.3	Bahnhofsgebiet	76
7.3.4	Albert-Funk-Schacht-Gebiet	77
7.3.5	Obere-Hauptstraße-Gebiet und Rudolfstraße-Gebiet	77
8.	Durchführung der Untersuchung	78
8.1	Bergbau-Komponenten	78
8.1.1	Bergbaubedingte Wertminderungen von Gebäuden	78
8.1.2	Potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen	94
8.1.3	Sickerwassergefahr und bergbaubedingte Altlasten	96
8.2	Immobilien-spezifische Komponenten	98
8.2.1	Altlastenverdachtsflächengefahr - nicht bergbaubedingt	98
8.2.2	Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage	98
8.2.3	Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten	99
8.3	Bestimmung des Risikoprämienbereiches für die analysierten Immobilien	100
8.4	Berechnung der Risikoprämie für die analysierten Immobilien	102
8.5	Wertermittlung mittels DCF-Methode	125
9.	Ergebnisse und Diskussion	129
10.	Zusammenfassung	132
	Quellennachweis	134
	Abbildungsverzeichnis	142
	Tabellenverzeichnis	149
	Anlagen	151

1. Einleitung

In den vergangenen Jahren wurden verschiedene Verfahren zur Bewertung von Immobilien entwickelt. In Deutschland sind dafür die Wertermittlungsverfahren in einer Immobilienwertermittlungsverordnung (ImmoWertV) geregelt. In Ergänzung dazu sind Wertermittlungsrichtlinien (WertR 2006) erlassen worden.

Aufgrund der verschiedenartigen Immobilien und deren differenzierten Eigenschaften sowie unterschiedlicher Bedingungen bei der Verwendung sind die oben genannten Wertermittlungsverfahren nicht immer eindeutig und klar.

Ein besonderes Problem zeigt sich bei der Immobilienbewertung in vom Bergbau beeinflussten Immobilien, die weiter „bergbaubeeinflusste Immobilien“ genannt werden.

Unter einer bergbaubeeinflussten Immobilie wird in der vorliegenden Arbeit ein Grundstück verstanden, dessen Wert von einer ehemaligen oder derzeitigen bergbaulichen Nutzung beeinflusst ist.

Die Investoren brauchen eine Einschätzung der ehemaligen Bergbaugebiete hinsichtlich ihrer Neunutzungsmöglichkeiten und potenzieller Bergbaurisiken. Daraus entstand ein Konzept für die Entwicklung einer neuen Berechnungsmethode für bergbaubeeinflusste Immobilien, die die wesentlichen Bergbauaspekte berücksichtigt. Die Schwierigkeit des Konzeptes liegt u.a. in der komplexen Bewertung der früheren und noch zukünftigen bergbaubedingten Einwirkungen auf die Immobilien, weil diese von vielen abbautechnischen, geologischen und bautechnischen Elementen abhängen. Die vorliegende Arbeit bildet einen Versuch eine Bewertungsmethode zu entwickeln, die die oben genannten Unsicherheiten und Risiken in Betracht zieht. Diese Berechnung bezieht sich auf die Fuzzy-Logik, deren Grundlagen die so genannten unscharfen Mengen sind.

Als Beispiel für die Anwendung der neu konzipierten Berechnungsmethode wurde die Stadt Oelsnitz/Erzgeb. gewählt, die im sächsischen Erzgebirgskreis liegt und zwischen 1844 und 1971 durch den Steinkohlebergbau geprägt wurde. Nach der Blütezeit des Bergbaus sind viele Grundstücke sowie Gebäude ungenutzt geblieben, bei denen die Einflüsse der abbaubedingten Bodenbewegungen noch erkennbar sind. Diese stehen jetzt innerhalb des sanierungs- und nutzungsbedürftigen Gebietes der Stadt.

2. Aufgabenstellung

Ziel der Arbeit war die Entwicklung einer Berechnungsmethode für bergbaubeeinflusste Immobilien, die die wesentlichen Bergbauaspekte berücksichtigt. Die Ergebnisse dienen als relevante Entscheidungshinweise für Investitionen in Bergbaugebieten und deren Neunutzungsmöglichkeiten.

Im Vordergrund der Arbeit steht die Analyse aller wesentlichen Einflussgrößen auf den Immobilienwert mit Hilfe der Geoinformationssysteme und die Berechnung der Immobilienrisiken mit Fuzzy-Logik. Die Zwischenaufgaben waren:

- Recherche und Beurteilung von nationalen und internationalen Wertermittlungsverfahren,
- Darstellung der möglichen Bergschäden, die besonders die Immobilien beeinflussen,
- Recherche der bisherigen Wertermittlungen von bergbaubeeinflussten Immobilien,
- Erfassung der Daten vom Untersuchungsgebiet,
- Erarbeitung einer Berechnungsmethode,
- Bestimmung der Einschätzungskategorien,
- Erstellung des Fuzzy-Modells für die Berechnung der Risiken von bergbaubeeinflussten Immobilien und
- Berechnung der o.g. Risiken.

Im Endeffekt wurde der Wert der analysierten Immobilien ermittelt, der wesentliche dauerhafte Bergbaueinflüsse berücksichtigt.

Die Arbeit besteht insgesamt aus zehn Kapiteln. Im dritten Kapitel wurden die normierten und nicht normierten Wertermittlungsverfahren dargestellt, die in Deutschland und teilweise auch in Polen bekannt sind. Aufgrund dessen, dass sich die Arbeit auf die Entwicklung einer Berechnungsmethode bezieht, ist in dem Kapitel der Verwendungszweck der o.g. Verfahren zu beachten.

Das vierte Kapitel stützt sich auf die Vorstellung der üblichen Bergschäden. Weiterhin wurden auch die bisherigen Methoden der Wertermittlung von bergbaubeeinflussten Immobilien beschrieben, auf denen die Berechnungsmethode der gegenwärtigen Arbeit teilweise basiert.

Das fünfte Kapitel beschreibt den Ablauf der neuen Berechnungsmethode für bergbaubeeinflusste Immobilien, die sich auf das DCF-Verfahren stützt. Dadurch wurde die Durchführung der Analyse der bergbau- sowie immobilisenspezifischen Komponenten eingehend erklärt.

Das sechste Kapitel stellt die allgemeinen Grundlagen der Fuzzy-Logik vor.

Das Untersuchungsgebiet - die Stadt Oelsnitz/Erzgeb. - und seine Besonderheiten hinsichtlich bergbaulicher Hinterlassenschaften wurden im siebten Kapitel beschrieben.

Im achten Kapitel wurden schließlich alle, im fünften Kapitel vorgestellten Berechnungsetappen durchgeführt. Die Ergebnisse der Berechnung und die daraus resultierenden Schlussfolgerungen der Arbeit sind im neunten und zehnten Kapitel erfasst.

3. Wertermittlungsverfahren

3.1 Normierte Verfahren

Gutachter in Deutschland benutzen die Wertermittlungsverfahren, die in der Immobilienwertermittlungsverordnung (ImmoWertV) geregelt sind. Diese Verfahren umfassen:

- Vergleichswertverfahren,
- Ertragswertverfahren und
- Sachwertverfahren.

Die oben genannten Verfahren sind durch die Immobilienwertermittlungsverordnung rechtlich normiert und werden demzufolge als normierte Verfahren bezeichnet.

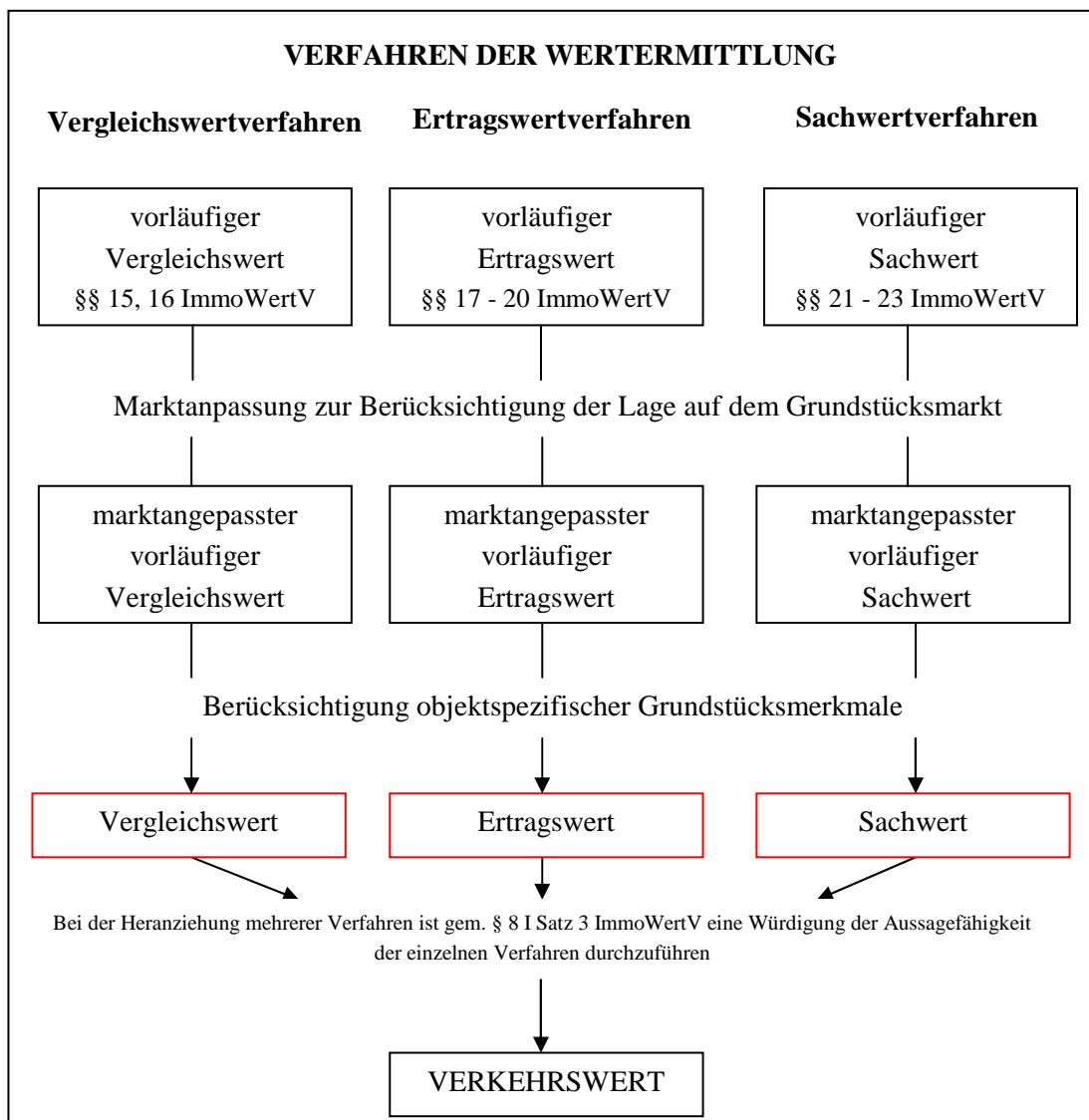


Abb. 3.1 Verfahren der Wertermittlung nach ImmoWertV [74]

Abbildung 3.1 stellt den allgemeinen Ablauf der Immobilienbewertung nach der Immobilienwertermittlungsverordnung dar. Zwischen §15 und §23 der Verordnung sind die Vergleichs-, Ertrags- und Sachwertverfahren geregelt. Entsprechend der Verfahrensweise werden die möglichst aktuellen Vergleichspreise, Ertragsverhältnisse und Herstellungskosten angewandt. Unter Berücksichtigung objektspezifischer Grundstücksmerkmale und gegebenenfalls der Würdigung der Aussagefähigkeit der Ergebnisse der angewandten Verfahren ermöglicht dies die Ermittlung des endgültigen Verkehrswertes.

Besondere objektspezifische Grundstücksmerkmale (§8 Abs. 3 ImmoWertV) werden durch marktgerechte Zu- oder Abschläge oder in anderer geeigneter Weise berücksichtigt. Dies soll gewöhnlichem Geschäftsverkehr entsprechen. Zu diesen Grundstücksmerkmalen gehören z. B.:

- wirtschaftliche Überalterung,
- überdurchschnittlicher Erhaltungszustand,
- Baumängel oder Bauschäden,
- von den marktüblich erzielbaren Erträgen abweichende Erträge.

3.1.1 Vergleichswertverfahren

Beim Vergleichswertverfahren wird aus Vergleichspreisen der Vergleichswert ermittelt. Die Vergleichspreise werden aus Kaufpreisen solcher Grundstücke abgeleitet, die gemäß §15 Abs. 1 ImmoWertV mit dem Wertermittlungsobjekt hinreichend übereinstimmende Grundstücksmerkmale aufweisen. Wenn sich in dem Gebiet des Wertermittlungsobjekts nicht genügend Vergleichspreise finden, können auch Vergleichspreise aus anderen vergleichbaren Gebieten herangezogen werden. Der direkte Vergleich ist meist aufgrund der Abweichungen einzelner Grundstücksmerkmale oder der Änderungen der allgemeinen Wertverhältnisse auf dem Grundstücksmarkt nicht möglich. Solche Abweichungen und Änderungen sind in der Regel mit Hilfe von Indexreihen oder Umrechnungskoeffizienten zu berücksichtigen.

Nach §15 Abs. 2 ImmoWertV können bei bebauten Grundstücken neben oder anstelle von Vergleichspreisen zur Ermittlung des Vergleichswertes geeignete Vergleichsfaktoren herangezogen werden. Denn solche Vergleichsfaktoren beziehen sich gemäß §13 ImmoWertV auf:

- den marktüblich erzielbaren jährlichen Ertrag → Ertragsfaktor (EF)
- oder
- eine Flächen- oder Raumeinheit der baulichen Anlage → Gebädefaktor (GF).

Der Ertragsfaktor und Gebädefaktor lassen sich in allgemeine Formeln fassen:

$$EF = \frac{1}{n} \cdot \sum \frac{\text{Kaufpreis}}{\text{Ertrag}} \quad (3.1)$$

$$GF = \frac{1}{n} \cdot \sum \frac{\text{Gebäudeanteil am Kaufpreis}}{\text{Gebäudemaa\ss}} \quad (3.2)$$

wobei:

EF – Ertragsfaktor,

GF – Gebädefaktor,

Gebäudemaa\ss – Nutzfläche, Wohnfläche des Gebäudes,

n – Anzahl der Einzelfaktoren für Ertragsfaktor/Gebädefaktor sind [84].

Das Vergleichswertverfahren ist das Standardverfahren für die Bewertung unbebauter Grundstücke. Wenn auch die bebauten Grundstücke mit Hilfe des Vergleichswertverfahrens bewertet werden sollen, begrenzt sich seine Anwendung in der Regel auf die Bewertung häufig gleichartiger Formen wie Reihen- und Einfamilienhäuser sowie Eigentumswohnungen.

3.1.2 Ertragswertverfahren

Das Ertragswertverfahren bietet sich für die Bewertung einer Immobilie im Hinblick auf ihre Nutzung an. Der Ertragswert wird mit Hilfe marktüblich erzielbarer Erträge ermittelt.

Nach §17 ImmoWertV sind folgende drei Varianten des Ertragswertverfahrens anwendbar:

- allgemeines Ertragswertverfahren,
- vereinfachtes Ertragswertverfahren und
- das Ertragswertverfahren auf der Grundlage periodisch unterschiedlicher Erträge (sog. periodisiertes Ertragswertverfahren oder DCF-Verfahren zur Verkehrswertermittlung).

Im allgemeinen Ertragswertverfahren wird der Reinertrag um die Verzinsung des Bodenwerts verringert. Der Verzinsung ist in der Regel der maßgebende Liegenschaftszinssatz zugrunde zu legen. Der verbleibende Reinertragsanteil wird unter Berücksichtigung der Restnutzungsdauer des Gebäudes und des Liegenschaftszinssatzes berechnet und ergibt den Wertanteil der baulichen Anlagen. Der Grundstücksertragswert ergibt sich letztlich aus dem Bodenwert und dem Ertragswert der baulichen Anlagen wie folgend:

$$EW = (RE - BW \cdot \frac{p}{100}) \cdot V + BW \pm BOG \quad (3.3)$$

wobei

$$V = \frac{q^r - 1}{q^r (q - 1)} \quad (3.4)$$

EW – Ertragswert des Grundstücks,
 RE – Reinertrag (Jahresrohertrag abzüglich Bewirtschaftungskosten),
 p – Liegenschaftszinsfuß,
 V – nachschüssiger Rentenbarwertfaktor (Barwertfaktor für die Kapitalisierung),
 r – Restnutzungsdauer des Gebäudes,
 BW – Bodenwert,
 q – 1+p/100,
 BOG – besondere objektspezifische Grundstücksmerkmale
 sind.

Im vereinfachten Ertragswertverfahren wird der Ertragswert aus dem kapitalisierten Reinertrag und dem Bodenwert wie folgt ermittelt:

$$EW = RE \cdot V + BW \cdot \frac{1}{q^r} \pm BOG \quad (3.5)$$

wobei

$$V = \frac{q^r - 1}{q^r (q - 1)} \quad (3.6)$$

EW – Ertragswert des Grundstücks,
 RE – Reinertrag (Jahresrohertrag abzüglich Bewirtschaftungskosten),
 p – Liegenschaftszinsfuß,
 V – nachschüssiger Rentenbarwertfaktor (Barwertfaktor für die Kapitalisierung),
 r – Restnutzungsdauer des Gebäudes,
 BW – Bodenwert,
 q – 1+p/100,
 1/q^r – Abzinsungs- oder Diskontierungsfaktor (Barwertfaktor für die Abzinsung),
 BOG – besondere objektspezifische Grundstücksmerkmale
 sind.

Im Unterschied zum allgemeinen Ertragswertverfahren bleibt der Reinertrag des Grundstücks unverändert. Er wird nicht in einen Reinertragsanteil des Gebäudes und einen des Grund und Bodens aufgespalten [84].

Beide oben genannten Varianten des Ertragswertverfahrens führen zum gleichen Ergebnis und lassen sich mathematisch ineinander umformen.

Anders stellt sich die dritte Variante - das sogenannte periodisierte Ertragswertverfahren - dar. Das Verfahren kommt zur Anwendung, wenn die Ertragsverhältnisse absehbar wesentlichen Veränderungen unterliegen oder wesentlich von marktüblich erzielbaren Erträgen abweichen. Der Ertragswert wird aus den durch gesicherte Daten abgeleiteten periodisch erzielbaren Reinerträgen innerhalb eines Betrachtungszeitraums und dem Restwert des Grundstücks am Ende des Betrachtungszeitraums ermittelt. *„Die periodischen Reinerträge sowie der Restwert des Grundstücks sind jeweils auf den Wertermittlungstichtag ... abzuzinsen.“* (§17 Abs.3 ImmoWertV).

Der Restwert des Grundstücks kann entweder nach dem allgemeinen oder vereinfachten Ertragswertverfahren oder nach dem Vergleichswertverfahren mittels Ertragsfaktoren ermittelt werden [84].

Der Beobachtungszeitraum wird z. B. aus der Laufzeit der Mietverträge festgelegt, und seine Zeitspanne sollte höchstens zehn Jahre betragen [94].

Die Formel des Ertragswertverfahrens auf der Grundlage periodisch unterschiedlicher Erträge (ohne Berücksichtigung eventuell vorliegender besonderer objektspezifischer Grundstücksmerkmale - s. Kapitel 3.1) stellt sich wie folgt dar:

$$EW = \frac{RE_1}{q^1} + \frac{RE_2}{q^2} + \frac{RE_3}{q^3} + \dots + \frac{RE_n}{q^n} + \frac{RW_n}{q^n} \quad (3.7)$$

mit

EW – Ertragswert des Grundstücks,

RE – Reinertrag (Jahresrohertrag abzüglich Bewirtschaftungskosten),

1/q – Barwertfaktor für die Abzinsung,

q – 1+p/100,

p – Liegenschaftszinsfuß,

n – Betrachtungszeitraum.

Die obige Darstellung entspricht der Vorgehensweise im sog. Discounted-Cash-Flow-Verfahren (DCF-Verfahren), das im internationalen Raum verbreitet ist [94].

Einige Sachverständige deuten das im ImmoWertV berücksichtigte periodisierte Ertragswertverfahren als Normierung der Discounted-Cashflow-Methode (DCF). In der amtlichen Begründung zur ImmoWertV wird über das Ertragswertverfahren auf der Grundlage periodisch unterschiedlicher Erträge ausgesagt: *„dies entspricht einer Normierung des Discounted-Cash-Flow-Verfahrens (DCF-Verfahrens) für Zwecke der Verkehrswertermittlung.“* (Bundesrat, 2010, S. 57). Das wird jedoch von vielen Bewertungsexperten bestritten. In der Arbeit wird demzufolge das periodisierte Ertragswertverfahren als „DCF-Verfahren zur Verkehrswertermittlung“ bezeichnet, um einen Unterschied zum international bekannten DCF-Verfahren zu unterstreichen.

Die DCF-Methodik und die Meinungsverschiedenheiten über ihre Normierung werden im Kapitel 3.3 ausführlich beschrieben.

Erläuterung:

Rohertrag, Reinertrag (§18 ImmoWertV)

Um den Reinertrag zu bekommen, werden vom Rohertrag die Bewirtschaftungskosten abgezogen. Der Rohertrag umfasst überwiegend marktüblich erzielbare Erträge (z. B. die Miete). Im periodisierten Ertragswertverfahren ergibt sich der Rohertrag insbesondere aus den vertraglichen Vereinbarungen.

Bewirtschaftungskosten (§19 ImmoWertV)

Die Bewirtschaftungskosten setzen sich zusammen aus:

- Verwaltungskosten,
- Instandhaltungskosten,
- Mietausfallwagnis und
- Betriebskosten.

Bodenwert [84]

Im Ertragswertverfahren ist als Bodenwert der (maßgebliche) planungsadäquate Bodenwert anzusetzen. Maßgeblicher oder planungsadäquater Bodenwert ist der Anteil des Bodens am Verkehrswert eines Grundstücks bei legal zulässiger und lagegemäßer Nutzbarkeit, gegebenenfalls mit der Fiktion, dass andere wertbedeutsame Bestandteile, insbesondere bauliche Anlagen, nicht vorhanden wären.

Liegenschaftszinssätze (§14 Abs.3 ImmoWertV)

Die Liegenschaftszinssätze sind die Zinssätze, die auf der Grundlage geeigneter Kaufpreise und der ihnen entsprechenden Reinerträge für gleichartig bebaute und genutzte Grundstücke unter Berücksichtigung der Restnutzungsdauer der Gebäude nach den Grundsätzen des Ertragswertverfahrens abzuleiten sind. Mit Liegenschaftszinssätzen werden Verkehrswerte von Grundstücken je nach Grundstücksart im Durchschnitt marktüblich verzinst.

Restnutzungsdauer (§6 Abs.6 ImmoWertV)

Die Restnutzungsdauer ist die voraussichtliche Zahl der Jahre, in denen die baulichen Anlagen bei ordnungsgemäßer Bewirtschaftung noch wirtschaftlich genutzt werden können. Die Restnutzungsdauer kann aufgrund u. a. folgender Gegebenheiten verlängert oder verkürzt werden:

- durchgeführte Instandsetzungen oder
- durchgeführte Modernisierungen (z. B. Maßnahmen zur Verbesserung der Wohn- oder sonstigen Nutzungsverhältnisse oder zur Einsparung von Energie und Wasser) oder
- unterlassene Instandhaltung.

3.1.3 Sachwertverfahren

Das Sachwertverfahren zielt auf die Abschätzung substanzorientierter Werte ab. Bei dieser Methode wird der Sachwert des Grundstücks aus drei folgenden Komponenten ermittelt:

- Sachwert der nutzbaren baulichen Anlagen,
- Sachwert der sonstigen Anlagen und
- Bodenwert (§21 Abs.1 ImmoWertV).

Abbildung 3.2 stellt den allgemeinen Ablauf des Sachwertverfahrens vor.

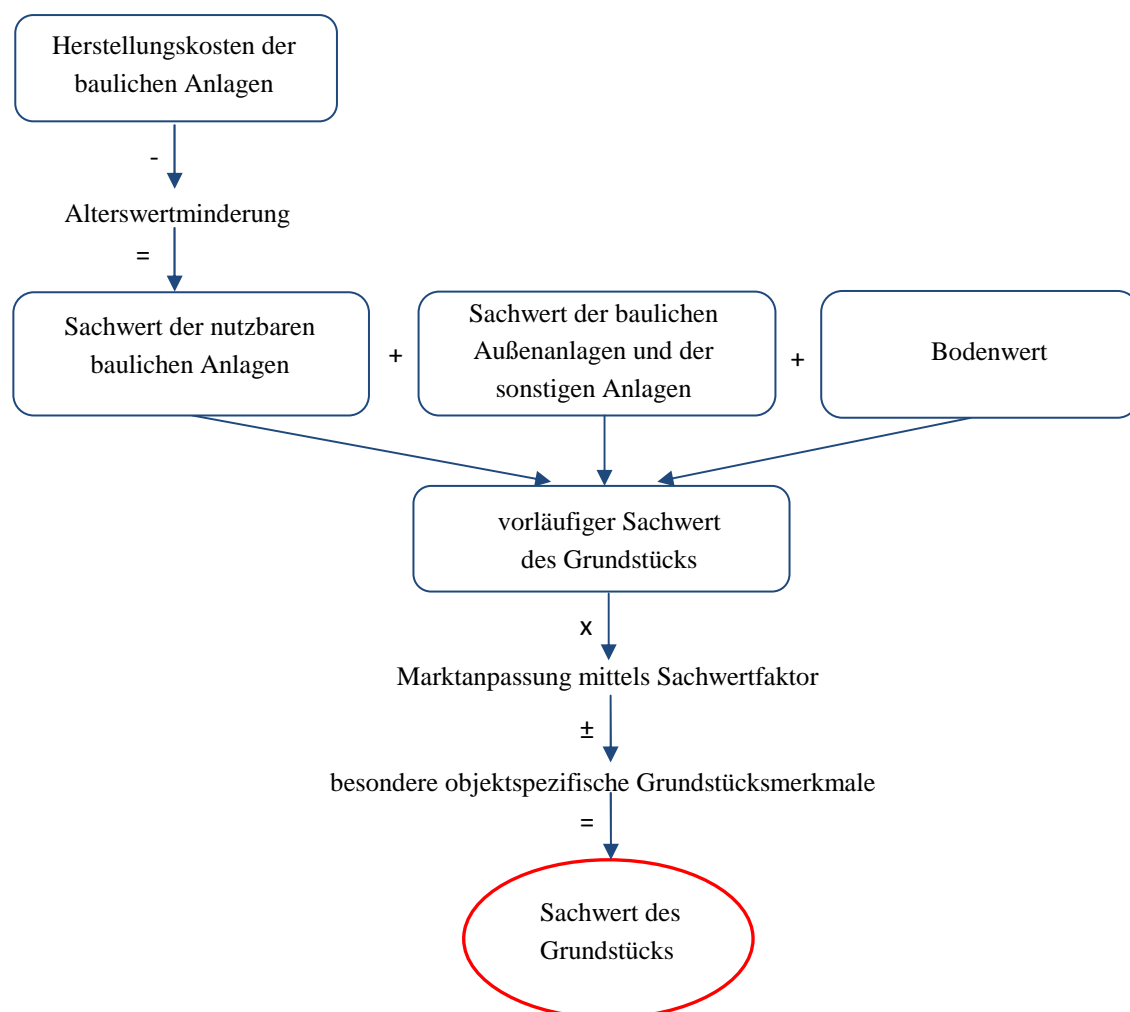


Abb. 3.2 Sachwertverfahren nach der Immobilienwertermittlungsverordnung [84]

Der Sachwert der baulichen Außenanlagen und der sonstigen Anlagen ermittelt sich, soweit sie nicht vom Bodenwert miterfasst werden, nach Erfahrungssätzen oder nach den gewöhnlichen Herstellungskosten.

Erläuterung:

Herstellungskosten (§22 ImmoWertV)

Herstellungskosten werden durch die Vervielfachung der gewöhnlichen Herstellungskosten je Flächen-, Raum- oder sonstiger Bezugseinheit (Normalherstellungskosten) mit der Anzahl der entsprechenden Bezugseinheiten der baulichen Anlagen ermittelt. Als Normalherstellungskosten werden gemäß ImmoWertV solche Kosten betrachtet, die marktüblich für die Neuerrichtung einer entsprechenden baulichen Anlage aufzuwenden wären. Sie werden mittels geeigneter Baupreisindexreihen an die Preisverhältnisse am Wertermittlungstag angepasst.

Alterswertminderung (§23 ImmoWertV)

Die Alterswertminderung ergibt sich aus dem Verhältnis der Restnutzungsdauer zur Gesamtnutzungsdauer (übliche wirtschaftliche Nutzungsdauer) der baulichen Anlagen und stützt sich auf eine gleichmäßige Wertminderung.

Sachwertfaktor (§21 Abs.1 und §14 Abs.2 Nr.1 ImmoWertV)

Sachwertfaktoren werden in der Wertermittlung angewandt, um die allgemeinen Wertverhältnisse auf dem Grundstücksmarkt zu berücksichtigen. Somit werden die Sachwertfaktoren aus dem Verhältnis geeigneter Kaufpreise zu entsprechenden Sachwerten abgeleitet. Sie beziehen sich auf übliche Objekte und berücksichtigen keine besonderen objektspezifischen Merkmale.

Bodenwert

Der Bodenwert ist in der Regel nach dem Vergleichswertverfahren zu ermitteln.

Das Sachwertverfahren tritt in der modernen Bewertungspraxis immer häufiger in den Hintergrund. Ursache dafür ist erstens das Verhalten der Marktteilnehmer, die nicht bereit und auch nicht in der Lage sind, den Wert einer Immobilie nach Sachwertgesichtspunkten zu vergleichen. Zweitens stehen oftmals die erforderlichen Marktanpassungen für den Verkehrswert aus dem Grundstückswert von Gutachterausschüssen nicht zur Verfügung.

Der Sachwert hat trotzdem im Rahmen eines Wertermittlungsgutachtens als vergleichender Hilfwert zur Kontrolle des nach dem Vergleichs- oder Ertragswertverfahren ermittelten Wertes eine besondere Wichtigkeit.

3.1.4 Verfahrenswahl

Für die korrekte Immobilienwertermittlung ist es sehr wichtig, das jeweils geeignete Verfahren auszuwählen. Die Art des Objekts und seine vorhandenen Daten entscheiden in der Regel über die begründete Verfahrenswahl, welche in Abbildung 3.3 dargestellt ist.

Das Vergleichswertverfahren ist das sicherste Wertermittlungsverfahren. Es führt mittels Vergleich mit anderen Immobilienkäufen zu den zuverlässigsten Ergebnissen. Leider sind die

notwendigen Vergleichsfälle oft nicht in ausreichender Anzahl oder überhaupt nicht vorhanden.

Wenn die Anwendung des Vergleichswertverfahrens nicht möglich ist, sollen die beiden anderen Wertermittlungsverfahren in Betracht kommen. Für Immobilien, deren Preis oder Wert sich nach dem Ertrag oder der Rendite richtet, wird das Ertragswertverfahren angewandt. Dazu gehören Mietwohnhäuser, Gewerbeparks oder gewerblich genutzte Gebäude, die vermietet werden. Die Auswahl zwischen Ertragswertverfahren und Sachwertverfahren ist von der Marktauffassung abhängig. Das Sachwertverfahren ist anwendbar, wenn in der Wertermittlung nicht der Ertrag aus dem Grundstück, sondern die Herstellungskosten, der Wert der Gebäudesubstanz im Fokus stehen [56]. Mittels dieses Verfahrens erfolgen die Ermittlung des Wertes von Ein- und Zweifamilienhäusern sowie gewerblichen Produktionsgebäuden oder Industriebauwerken, Werkhallen und Gebäuden mit Sondernutzungen wie Sporthallen, Schulen, Krankenhäuser und Einkaufszentren.

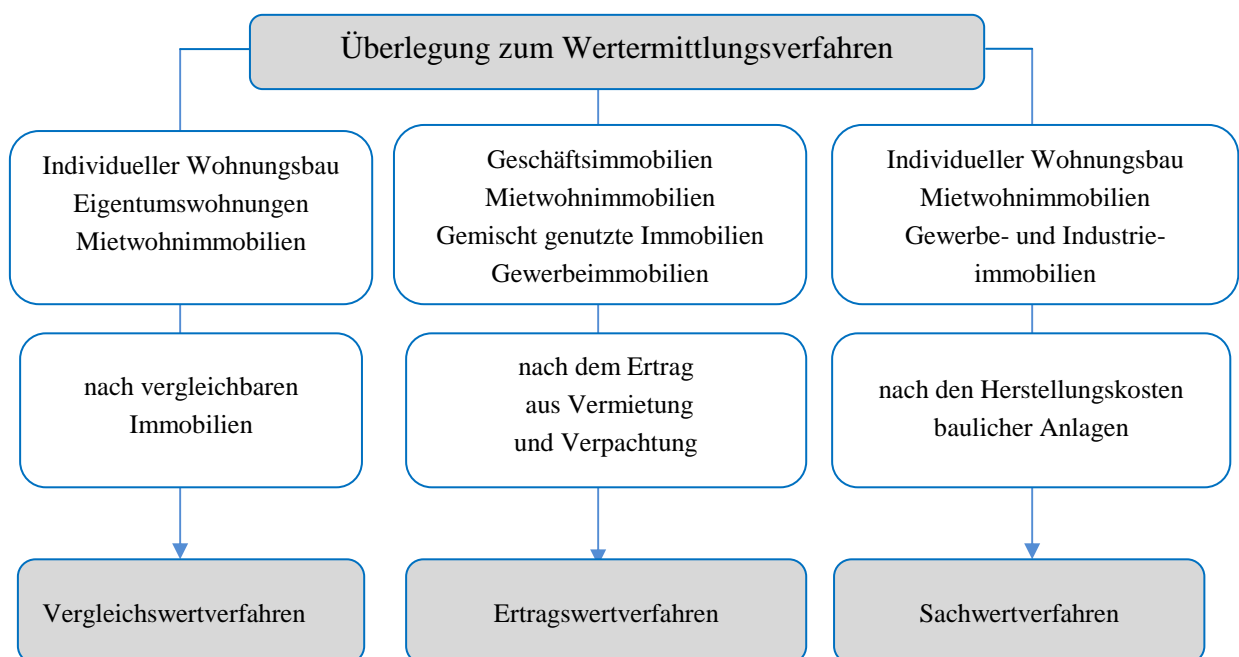


Abb. 3.3 Überlegung zum Wertermittlungsverfahren [84]

3.2 Nicht normierte Verfahren

In Deutschland basieren rechtlich nicht normierte Verfahren auf betriebswirtschaftlichen Modellen, die dem Ertragswertverfahren ähnlich sind. Diese Verfahren sind als „internationale“ Verfahren bekannt. Zu diesen zählen u. a.:

- DCF-Methode als Investitionsrechenverfahren,
- Residualwertverfahren,
- Monte-Carlo-Simulation,
- Investment-Methode [51].

Obwohl die Anwendung nicht normierter Verfahren kontrovers ist, stellen sie sich in vielen Fällen als bessere Lösung zur Wertermittlung dar [56].

Die internationalen Wertermittlungsverfahren stützen sich:

- auf das White Book des IVSC (International Valuation Standards Committee),
- auf das Red Book - RICS Appraisal and Valuation Manual und
- auf das Blue Book oder Approved European Property Valuation Standards von der Europäischen Vereinigung der Immobiliensachverständigen (TEGoVA).

3.2.1 Discounted Cash Flow-Methode als Investitionsrechenverfahren

Die Discounted Cash Flow-Methode ist ein international verbreitetes Verfahren, das besonders in den angelsächsischen Ländern angewandt wird.

Das Verfahren dient dazu Investitionsentscheidungen vorzubereiten. Die Grundlage des DCF-Verfahrens ist im Ertragswertverfahren in Weg zur Kapitalisierung von Erträgen.

Der allgemeinen Berechnung der DCF-Methode liegt die folgende Formel zu Grunde [90]:

$$B = \frac{RE_1}{q^1} + \frac{RE_2}{q^2} + \frac{RE_3}{q^3} + \dots + \frac{RE_n}{q^n} + \frac{RW_n}{q^n} = \frac{RW_n}{q^n} + \sum_{i=1}^n \frac{RE_i}{q^i} \quad (3.8)$$

B – Immobilienwert,

RW_n – Residualwert (nach Ablauf von n Jahren unterstellter Restwert der Immobilie),

n – Investitionszeitraum,

q – Zinsfaktor = $1+r_d$,

r_d – Diskontfaktor,

RE_i – Reinertrag.

Der Diskontfaktor r_d wird aus einem Zinssatz für eine langfristige risikofreie Kapitalanlage und einem Risikozuschlag abgeleitet. Die langfristige risikofreie Kapitalanlage ergibt sich nach den Berichten der Deutschen Bundesbank über Umlaufrenditen für börsenorientierte Bundeswertpapiere. In der Praxis wird die risikofreie Verzinsung oft noch um einen immobilien-spezifischen Risikozuschlag um 1 bis 3 % erhöht.

$$r_d = r + p \quad (3.9)$$

mit:

r – risikofreier Zins,

p – Risikoprämie.

Die Immobilienbewertung stellt im DCF-Verfahren eine Diskontierung aller Ein- und Ausgaben der Investition dar. Der Zeithorizont für eine Investition liegt normalerweise bei 10 oder 15 Jahren. Wenn die diskontierten Einnahmen die diskontierten Ausgaben übersteigen, ist die Investition in die entsprechende Immobilie lohnend und entspricht den Renditeerwartungen des jeweiligen Investors. Dies hat zur Folge, dass die Discounted Cash Flow-Methode die Attraktivität einer Immobilieninvestition einschätzt.

Die Gutachter haben viele Bedenken an dem DCF-Verfahren. Das Problem dieses Immobilienbewertungsverfahrens ist eine Unsicherheit bei Prognosen hinsichtlich u.a. der zukünftigen Marktentwicklung und des Einflusses möglicher Wirtschaftskrisen. Die Schwächen des Verfahrens betreffen mehrere Perioden, die für kommende 10 bis 15 Jahre angemessen vorhergesagt werden sollen. Für den Zeitraum ist es sehr schwierig die Zahlungsströme zu bestimmen. Deswegen stellt die Prognose „... *bei DCF-Verfahren die entscheidenden Quelle für Ungenauigkeit dar.*“ (Naubereit, 2009, S.215). Ferner zeigt sich das Problem bei der Ableitung des Restwerts, der durch die Kapitalisierung der letzten prognostizierten Periode ermittelt wird. „*Eventuelle Fehler werden somit bei der Restwertschätzung potenziert*“ (Naubereit, 2009, S.216) und zur Vervielfachung führt.

In Zweifel wird auch der Diskontfaktor gezogen, der aus dem risikoabhängigen Zu- und Abschläge korrigierten Kapitalmarktzins abgeleitet wird. Der Zins wird jedoch nicht nach dem Marktgeschehen festgelegt, sondern entspricht der Renditeerwartung des Investors. Ebenfalls ist oft die Abschätzung des Risikos mit einer Investition verbunden [20]. Die in Formel 3.9 dargestellte Ableitung des Diskontfaktors aus dem risikofreien Zins und der Risikoprämie wird auch Kritik unterzogen. Die Berufung auf Bundeswertpapiere ... „*bietet jedoch ohne ein quantifizierbares Risikomaß keine Objektivität.*“ (Naubereit, 2009, S.216). Der pauschale Risikozuschlag von 1 bis 3 % hängt damit zusammen, dass der Kapitalmarktzins dadurch unmittelbaren Einfluss auf den Immobilienwert erhält. Die empirischen Untersuchungen wiesen jedoch auf die umgekehrte Proportion zwischen Immobilienrenditen und Kapitalmarktzins. Aus diesem Grund ist eine kapitalmarktorientierte Ableitung des Kapitalmarktzinssatzes für die Immobilienwertermittlung nicht geeignet [77].

Trotzdem wird das DCF-Verfahren von großen Investitionsbanken, Beraterfirmen und Wirtschaftsprüfern verwendet. Viele Gutachter äußern sich positiv zu dem DCF-Verfahren. Von ihrem Standpunkt ergibt das Verfahren ein anschauliches, graphisch darstellbares Bild, das mögliche Chancen und Risiken von Projekten zeigen kann. Die DCF-Methode ermöglicht auch eine Analyse der Streuung potentieller Ergebnisse oder der Variierung einzelner Eingangsgrößen. Außerdem betonen Gutachter, dass die Methode nur selten für eine direkte Verkehrswertermittlung geeignet ist, jedoch sollte man sie nicht als Hilfsmittel und Unterstützungsmaßnahme unterschätzen [55].

3.2.2 Residualwertverfahren

Das Residualwertverfahren findet insbesondere bei größeren Baumaßnahmen in den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von Investoren Anwendung. Bauträger und Projektentwickler ermitteln mit diesem Verfahren die Grundstücke mit größerem Entwicklungspotenzial wie:

- bebaute Grundstücke mit untergeordneter bzw. unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten minderwertiger Bebauung,
- unbebaute Grundstücke, die aufgrund ihrer planungsrechtlichen Rahmenbedingungen des Marktes zu einer kurzfristigen Bebauung geeignet sind.

Ziel des Residualverfahrens ist die Berechnung des Residuums, das sich aus dem erzielbaren Verkaufserlös abzüglich und der Gesamtbaukosten zuzüglich des Unternehmensgewinns errechnet:

$$\text{Verkaufserlös} - (\text{Gesamtbaukosten} + \text{Unternehmensgewinn}) = \text{Residuum} \quad (3.10)$$

Das Ergebnis ist der Grundstückspreis, den der Investor maximal tragen kann.

Der Verkaufserlös wird durch das Vergleichswertverfahren ermittelt. Wenn keine adäquaten Vergleichsobjekte existieren, wird der Verkehrswert mit Hilfe des Ertragswertverfahrens ermittelt.

Das Residualwertverfahren hat den Vorteil, dass reale Faktoren für das Objekt wie beispielsweise Beschränkungen und Lasten berücksichtigt sind. Der Nachteil dieses Verfahrens ist die unsichere Berechnung der Gesamtkosten, die im Residuum die Missverhältnisse verursachen. Die typischen Bewertungsfaktoren der Investoren tendieren manchmal zur Subjektivierung des Residualwertverfahrens.

3.2.3 Monte-Carlo-Simulation

Die Monte-Carlo-Simulation ist kein neues Bewertungsverfahren, sondern eine Analysemethodik zur gezielteren Vorbereitung bzw. Planung von Baumaßnahmen. Diese Methode verwenden Sachverständige, die für Immobilien-Projektentwickler und finanzierende Banken tätig sind. Die Schwierigkeit der Bewertungsaufgaben besteht in Vorhersagen der zukünftigen Einflussfaktoren, die mit wesentlicher Unsicherheit verbunden sind. Deshalb ist es auch wichtig, die Risiken des Projektes abzuschätzen.

Die wichtigste Aufgabe dieser Methode ist die Bestimmung relevanter Informationen durch Variierung der Eingangsparameter. Die Informationen zeigen die Abhängigkeit zwischen dem endgültigen Wert der projektierten Baumaßnahme und den Eingangsparametern der Berechnung.

Die eingehenden Parameter in der Bewertung teilen sich in gesicherte Eingangsdaten und typische variable Eingangsgrößen. Gesicherte Eingangsdaten sind feste Größen wie:

- Grundstücksgröße,
- bebaubare sowie vermietbare Fläche,
- Anzahl von Stellplätzen,
- Bauneben- und Betriebskosten,
- Mehrwertsteuersätze,
- Wagnis- und Gewinngröße,
- Ankaufnebenkosten.

Die typischen variablen Eingangsgrößen sind vor allem:

- Bodenwert,
- nachhaltige Mieten,
- Bewirtschaftungskosten,
- Rendite,
- Finanzierungskosten,
- Projektzeit.

Die oben genannten Daten werden letztlich analysiert und innerhalb gewisser Bandbreiten variiert.

Der Vorteil des Monte-Carlo-Verfahrens ist eine Einschätzung der Investitionsrisiken, die mit der Unterstützung der Ankaufsentscheidung oder Durchführung und Finanzierung des Projektes verbunden sind. Dadurch ist die Methode ein nützliches Hilfsmittel für Investoren, Bau-träger und Finanzierungsinstitute bei Entscheidungen.

3.2.4 Investmentmethode

Die Investmentmethode entspricht in der Struktur einem vereinfachten Ertragswertverfahren ohne Berücksichtigung des Bodenwertes. Die Kapitalisierung liegt dem Zinssatz zugrunde, der alle zukünftigen Ertragssteigerungserwartungen und Risiken enthält. Sie ist mit dem Lie-genschaftszinssatz vergleichbar.

Im Gegensatz zum Ertragswertverfahren wird von Vervielfältigern für die sogenannte ewige Rente ausgegangen, und die Wertbeeinflussung wird bei kurzer Restnutzungsdauer über un-terschiedliche Zinssätze erfasst.

Im Investment-Verfahren wird leider nicht von einem zeitlich unbegrenzten Fortbestehen der Immobilie ausgegangen. Die kürzere Restnutzungsdauer der Investmentmethode wird genauso wie im deutschen Ertragswertverfahren durch einen entsprechend niedrigeren Vervielfältiger berücksichtigt.

Der Bodenwert wurde in diesem Verfahren außer Acht gelassen. Von Bedeutung ist, dass im Investment-Verfahren die Grunderwerbsnebenkosten grundsätzlich berücksichtigt werden.

3.3 DCF-Methode als Investitionsrechenverfahren im Vergleich zum periodisierten Ertragswertverfahren

Das in der ImmoWertV beschlossene periodisierte Ertragswertverfahren wird von einigen Sachverständigen als normierte DCF-Methode ausgelegt. Damit sind jedoch viele Bewertungsexperten nicht einverstanden.

Aus der Gegenüberstellung der Formeln 3.7 (periodisiertes Ertragswertverfahren) und 3.8 (DCF-Methode als Investitionsrechenverfahren) ergibt sich auf den ersten Blick, dass die beiden Verfahren übereinstimmen. Zwischen den Verfahren bestehen jedoch wesentliche Unterschiede. Dies betrifft u. a. die Erträge im periodisierten Ertragswertverfahren, die nach §17 Abs.3 ImmoWertV aus gesicherten Daten abgeleitet werden. Der Sachverständige Bernhard Bischoff meint auf ein auf Prognosewerten basierendes DCF-Verfahren verzichten zu können. Der „Bewerterguru“ Wolfgang Kleiber stimmt dem zu und sagt: *„Was in der Immo-WertV von einigen als DCF-Verfahren interpretiert wird, ist ein partielles, mehrphasiges Ertragswertmodell, mit dem unterschiedliche Jahrgangsströme erfasst werden können. Das ist quasi die Urmutter jedes Ertragswertverfahrens.“* (Immobilien Zeitung, Ausgabe 21, 2009, S.4.) Darüber hinaus ist das DCF-Verfahren überhaupt nicht normierungsfähig, da es mit verschiedenen Modellen angewandt wird. Dem pflichtet auch der erfahrene Berliner Immobiliengutachter Hubert Geppert bei. Nach seiner Meinung ist in der ImmoWertV kein prognostisches Verfahren beschlossen, da die Anwendung des Liegenschaftszinssatzes die Freiheit des Bewerbers einschränkt [50].

Außerdem sollte der Zeitraum im periodisierten Ertragswertverfahren höchstens zehn Jahre betragen, wohingegen die Zeitspanne im DCF-Verfahren normalerweise bei 10 oder 15 Jahren liegt.

Zusammenfassend steht die Normierung des DCF-Verfahrens im Streitpunkt. Viele erfahrene Sachverständige bestreiten, ein periodisiertes Ertragswertverfahren als Normierung der DCF-Methodik anzuerkennen. Die Widersprüchlichkeit zwischen den beiden Verfahren liegt vor allem in den Erträgen, die im periodisierten Ertragswertverfahren aus gesicherten, marktüblichen Daten abgeleitet werden. Auch der Liegenschaftszinssatz wird aus geeigneten Kaufpreisen und den ihnen entsprechenden Reinerträgen abgeleitet (Kapitel 3.1.2). Im Gegensatz dazu basieren die Werte des DCF-Verfahrens auf den Prognosen und Risiken (s. Kapitel 3.2.1, Formeln 3.9, 5.1). Eine Lösung dieser Auseinandersetzung wäre eine Unterscheidung zwischen dem *DCF-Verfahren zur Verkehrswertermittlung* (periodisierten Ertragswertverfahren) als normiertem Verfahren und dem *DCF-Verfahren als Investitionsrechenverfahren*, das zu den nicht normierten Verfahren gehört.

3.4 Die Wertermittlungsverfahren in Polen

Die in der vorliegenden Arbeit neue Bewertungsmethode wird wahrscheinlich in der Folgezeit auch im polnischen Immobilienmarkt zur Anwendung kommen. Dies hat zu Folge, dass die richtige Auswahl der in beiden Ländern anerkannten Wertermittlungsverfahren sehr wichtig ist. Eine kurz gefasste Übersicht über die polnischen Wertermittlungsverfahren ist somit in dem Punkt erheblich.

Während alle oben genannten Verfahren in Deutschland zum Verkehrswert führen (s. Abb. 3.1), wird in Polen der Verkehrswert mittels Vergleichswertverfahren und Ertragswertverfahren ermittelt. Das polnische Sachwertverfahren dient nur dazu, den Wiederherstellungswert zu ermitteln und bezieht sich hauptsächlich auf Herstellungskosten, Gesamtnutzungsdauer und Wertminderung wegen Baumängeln und Bauschäden.

Um einen Vergleichswert der bebauten und unbebauten Grundstücke zu ermitteln, wird die 'Methode Paarweiser Vergleich' oder 'Methode der statistischen Marktanalyse' verwendet (Abb. 3.4). Dazu werden in Polen genauso wie in Deutschland Vergleichspreise und Grundstücksmerkmale unbedingt benötigt. Die in Deutschland zusätzlich verwendeten Vergleichsfaktoren für die Wertermittlung von bebauten Grundstücken (s. Formel 3.1 und 3.2) kommen jedoch in Polen nicht zur Anwendung.

Beim Ertragswertverfahren liegen zwischen den beiden Ländern nicht nur Unterschiede, sondern auch Ähnlichkeiten. Während beim polnischen Verfahren der 'Direkten Kapitalisierung' nur ein Reinertrag der Immobilie verzinst wird, kommt in Deutschland beim 'allgemeinen' und 'vereinfachten Ertragswertverfahren' auch ein Bodenwert in Betracht (s. Formel 3.3 und 3.5). Eine besondere Aufmerksamkeit verdient das DCF-Verfahren, das in Polen zur Ermittlung des Verkehrswerts angewendet wird und dessen Vorgehensweise dem deutschen 'periodisierten Ertragswertverfahren' entspricht. Dies bestätigt, dass das 'DCF-Verfahren' eine internationale, weit verbreitete Wertermittlungsmethode ist und sowohl in Deutschland wie auch in Polen verwendet wird. Demzufolge wird das DCF-Verfahren vornehmlich bei der Verfahrenswahl in der vorliegenden Arbeit berücksichtigt (s. Kapitel 5.1).

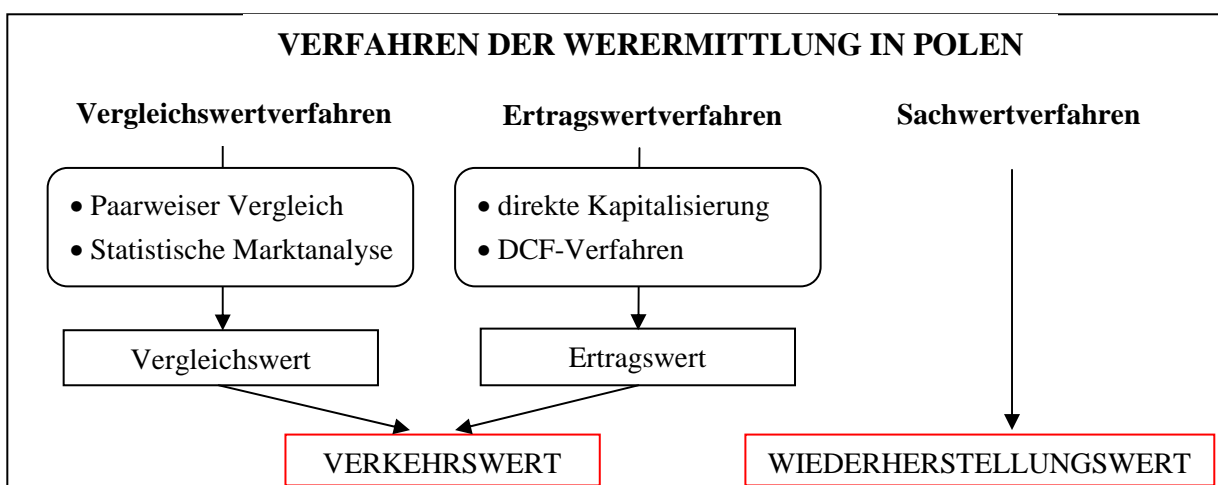


Abb. 3.4 Verfahren der Wertermittlung in Polen

4. Wertermittlungsfaktoren bergbaubeeinflusster Immobilien

4.1 Vorbemerkung

Die Immobilien des ehemaligen Bergbaus sowie die durch den Bergbau beeinflussten Immobilien befinden sich wegen der industriehistorischen Entwicklung meistens in einer attraktiven Lage. Aufgrund der günstigen Lage und hoher Flächenpotentiale in Zentrumsnähe stehen diese Immobilien im Mittelpunkt der Stadtentwicklung. Andererseits wirkt sich oft die Vornutzung der bergbaubeeinflussten Gebiete manchmal negativ auf ihrer zukünftigen Nutzung. Die Gebiete sind stark belastet und bedürfen zusätzliche Aufwendungen.

Bei der Ermittlung des Wertes ehemaliger Bergbauimmobilien, in denen heute meist keine Betriebe mehr produzieren, müssen besondere Einflüsse berücksichtigt werden. Diese werden in die Wertermittlung einbezogen. Es ist bekannt, dass Gewerbe- und Industrieimmobilien mittels üblicher Wertermittlungsverfahren eingeschätzt werden (s. Kapitel 3.1.4). Aufgrund der Besonderheiten von Bergbauflächen sollen auch die zusätzlichen Faktoren berücksichtigt werden, die in Abbildung 4.1 dargestellt sind. Im Vordergrund stehen hier Gebäudeschäden. In die Wertermittlung fließen im Weiteren auch die Prognosen für Oberflächenvernässungen, die Sickerwassergefahr, der Altlastenverdacht sowie die Attraktivität des Gebietes ein.

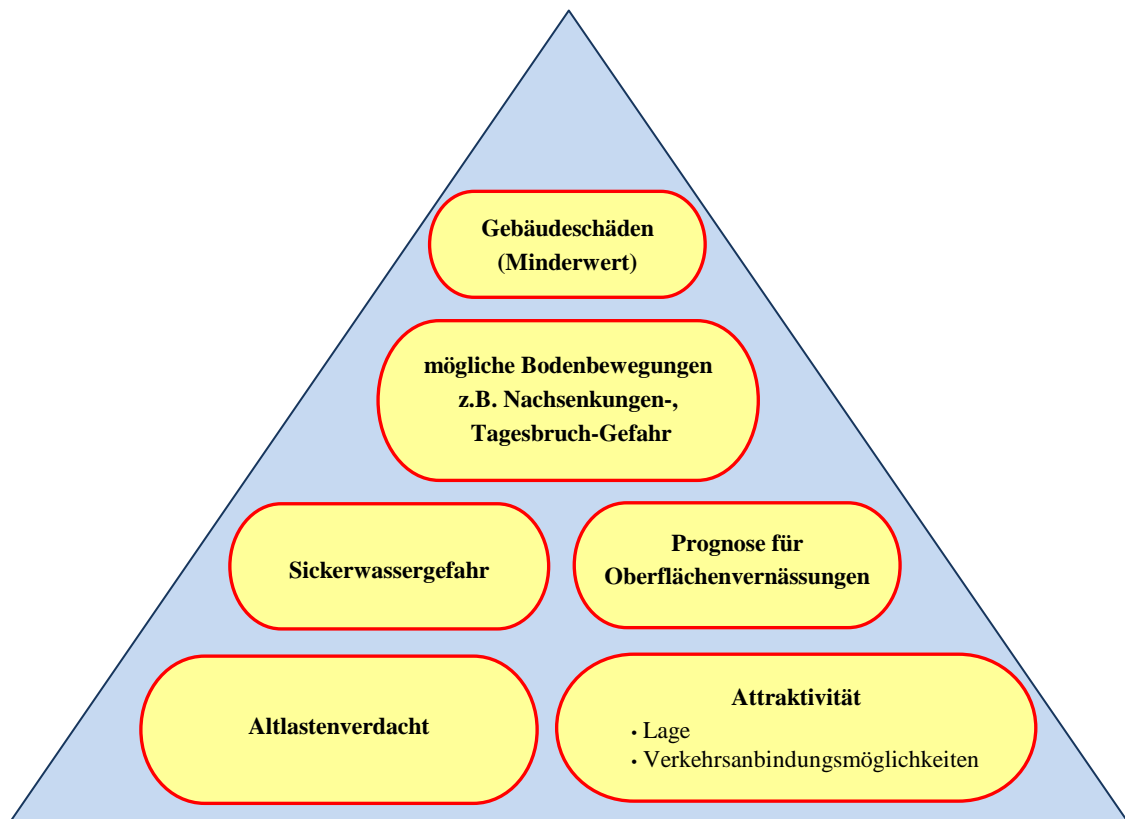


Abb. 4.1 Besonderheiten der Wertermittlung von bergbaubeeinflussten Immobilien

4.2 Bergschäden

Nach §114 des Bundesberggesetzes liegt ein Bergschaden vor, wenn durch eine bergbauliche Betriebstätigkeit eine Sache beschädigt wird. Bergschäden an Grundstücken und an Gebäuden entstehen durch Bewegungen in den Erdschichten, die durch den Bergbau ausgelöst werden. Infolge der bergmännischen Tätigkeit entstehen stetige und unstetige Bodenreaktionen. Zu den stetigen Bodenbewegungen gehören die vertikalen und horizontalen Bodenbewegungselementen. Zu den vertikalen Elementen zählen:

- Senkungen,
- Schief lagen und
- Krümmungen.

Die horizontalen Bodenbewegungen sind:

- die horizontalen Verschiebungen und
- die relativen horizontalen Längenänderungen (Zerrungen und Pressungen).

Zu den unstetigen Bodenbewegungen gehören:

- Risse,
- Spalten,
- Stufen, Abtreppungen, Gräben.

Die beschädigten Sachen sind bergbaufremde Gebäude, Verkehrsanlagen, Ver- und Entsorgungsleitungen, Industrieanlagen und land- oder forstwirtschaftlich genutzte Flächen.

Der gesetzlich fixierte Terminus des Bergschadens und der damit verbundenen Haftung umfasst u.a. nicht:

- „*Nachteile als Folge von ... Planungsentscheidungen, die mit Rücksicht auf die Lagerstätte oder den Bergbaubetrieb getroffen werden,*
- *unerhebliche Nachteile bzw. Aufwendungen im Zusammenhang mit Anpassungsmaßnahmen nach §110 BBergG.*“ (Drisch, Schürken, 1995, S. 17).

Die Kosten für Bergschäden an eigenen Anlagen, die sog. inneren Bergschäden, wurden als Betriebsausgaben behandelt. Aus diesem Grunde wurden sie in vielen Fällen nicht dokumentiert.

4.2.1 Ursachen der Schäden

Die konkrete Erforschung der Ursachen der Schäden ist notwendig für die Feststellung, ob ein bestimmtes Schadensbild einem Bergschaden zuzuordnen ist.

❖ **abbaubedingte Bodenbewegungen**

Der untertägige Abbau führt zu Hohlräumen im Gebirgskörper. Aufgrund des Gebirgsdrucks brechen über dem Hohlraum Gesteinsschichten ein. Dies wirkt sich auf die Erdoberfläche so aus, dass so genannte Senkungsmulden entstehen. Bisherige Schätzungen der Bergschadenssachverständigen gehen davon aus, dass auch noch ca. 5-10 Jahre nach Abbauende mit Nachsenkungen gerechnet werden kann [102].

Der Umfang und die Größe der Bodenbewegungen im Steinkohlenbergbau ist unter anderem abhängig von:

- Mächtigkeit des Flözes,
- Abbauflächengeometrie,
- Teufenlage des Flözes,
- Versatzart,
- Geologische Gegebenheiten
 - Art und Aufbau des Deckgebirges
 - Tektonische Störungen [28].

❖ **abbauinduzierte Erderschütterungen**

Neben den Bodenbewegungen können sich abbauinduzierte Erderschütterungen auf die Objekte der Tagesoberfläche auswirken. Näheres wird u.a. durch die Norm DIN 4150-3 [27] und die polnische Skala GSI-2004-V (bergbauliche Intensivitätsskala – Schwingungsgeschwindigkeit) [26] beschrieben.

❖ **Unstetige Bodenreaktionen**

Die abbaubedingten unstetigen Bodenreaktionen treten häufig im Bereich der Ausgehenden tektonischer Störungen und im Bereich sich überdeckender Zerrungen beim Mehrflözabbau auf [40].

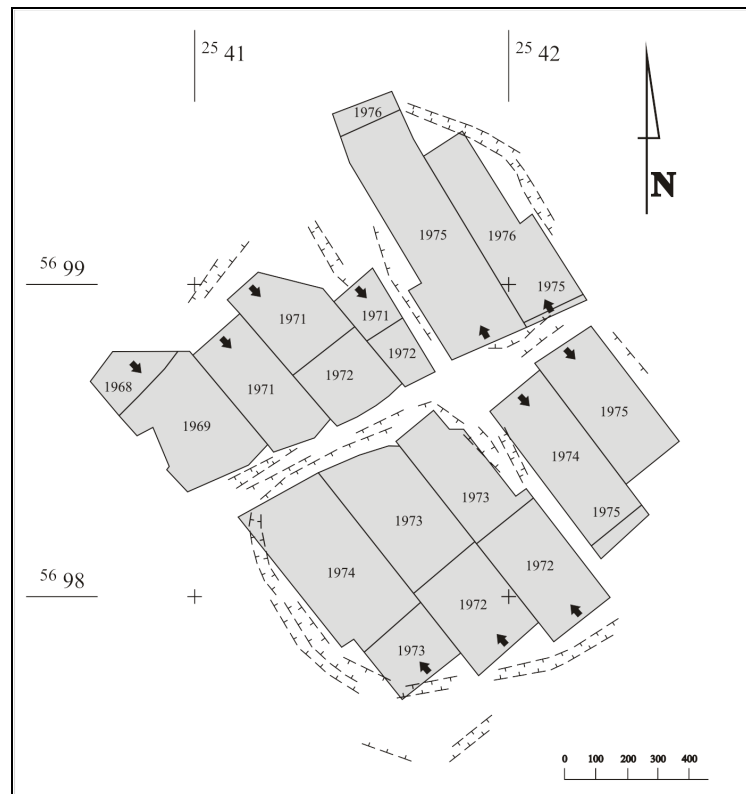


Abb. 4.2 Zuordnung von Unstetigkeiten zur Abbausituation [40]

❖ Tagesbrüche bei oberflächennahem Abbau

In Gebieten des tagesnahen und oberflächennahen Bergbaus kann es zur Bildung von Tagesbrüchen kommen. Diese sind mit dem Versagen der Tragfähigkeit des Ausbaus bzw. der Hangendschichten zu erklären.

4.2.2 Bergschäden an Gebäuden

Die Veränderungen an der Erdoberfläche wirken sich schadensträchtig auf Gebäude aus.

Typische Schäden sind:

- Wände- und Deckenschäden
 - Wandrisse,
 - Bodenrisse,
 - Decken setzen sich von den Wänden ab,
 - Wandteile wölben sich nach außen und innen,
- Fundamentschäden, die manchmal zu erheblichen Feuchtigkeitsschäden im Gebäude führen
- Gefügelockerungen
 - Zerrungsrisse,
 - Pressungsrisse,

- Schäden an Leitungen - Wasserrohrbrüche
- Aufwölbungen von Platten oder Fliesen
- Fugen erweitern sich [102].

4.2.3 Grundwasseranstieg und Vernässungen an der Oberfläche

Wegen bergbaubedingter Bodensenkungen wird der Abstand des Grundwasserspiegels zur Tagesoberfläche (der Flurabstand) geringer [63]. Die *“... Verringerung des Flurabstandes wirkt sich oft als schädliche Vernässung, Versumpfung oder Überflutung des Bodens aus.”* (Kratzsch, 1997, S.456).

Nach der Stilllegung des Bergbaus und Einstellung der Wasserhaltung steigt das Grubenwasser an. Wegen des Anstiegs können an der Tagesoberfläche Bodenhebungen entstehen. Dies kann zu teilweise starken Schäden am betroffenen Grundstück führen [102].

Unter Berücksichtigung bisheriger Bergwerksschließungen wird untersucht, wie sich die steigenden Grubenwässer auf die Tagesoberfläche insgesamt auswirken.

Das Grubenwasser wird meistens durch Wasserlösungsstollen (Erbstollen) zutage gefördert [75] oder abgepumpt.

Für eine kontrollierte Entwässerung muss häufig einer der Schächte ausgebaut werden oder eine neu abzuteufende Bohrung im Bereich der Schächte durchgeführt werden. Alle diese Absicherungen sind sehr aufwändige Verfahren und sollten bei den kommenden nachhaltigen Kosten mit eingerechnet werden.

4.2.4 Altlasten

Altlasten sind in §2 Abs. 5 des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) wie folgt definiert:

- als stillgelegte Abfallbeseitigungsanlagen und sonstige Grundstücke, auf denen Abfälle behandelt, gelagert oder abgelagert worden sind → Altablagerungen

oder

- als Grundstücke stillgelegter Anlagen und sonstiger Grundstücke, auf denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen worden ist → Altstandorte.

Aus diesem Grund werden schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren für den einzelnen oder die Allgemeinheit ausgelöst [19].

Voraussetzung ist, dass es um stillgelegte Anlagen oder Standorte geht, so dass die Bodenveränderungen bei noch betriebenen Anlagen und noch in Betrieb befindlichen Bergbauunternehmen oder weiterhin genutzten Grundstücken keine Altlasten sind.

❖ Altlasten in Gewerbegebieten

Auf dem Gelände heutiger Gewerbegebiete und Fabrikanlagen, die eine längere Nutzungsgeschichte aufweisen, kommen häufig Verunreinigungen des Bodens und des Gruben- bzw. Grundwassers durch gesundheitsgefährdende Substanzen vor. Erst seit einigen Jahren ist das Bewusstsein für die Bedeutung der Reinhaltung von Luft, Gewässern und Böden gewachsen. Manchmal trugen dazu Fälle bei, bei denen wesentliche Vermögensschäden des Bodens oder des Grundwassers entstanden. Dies führte zeitweise dazu, dass bauliche Anlagen nicht genutzt werden konnten bzw. aufwendige Maßnahmen zur Bodensanierung hätten durchgeführt werden müssen.

Zu den Betrieben, von denen Bodenverschmutzungen ausgehen können, zählen vor allem chemische Betriebe, Reinigungen, Gerbereien, Farbenfabriken und Druckereien sowie Pflanzenschutzfirmen, Mineralöllager, Tankstellen oder Mülldeponien. Auch Großbetriebe wie Bergwerke, Hüttenwerke, Kokereien und Erzaufbereitungsanlagen gehören dazu.

Wenn noch kein konkreter Nachweis über eine vorhandene Belastung vorliegt, werden die Flächen als „kontaminationsverdächtige Flächen“ (KVF) bezeichnet. Solche Böden lassen aufgrund ihrer Nutzungsgeschichte und konkreter Hinweise die Vermutung zu, dass umweltrelevante Stoffe anthropogener Herkunft zu Bodenverunreinigung führen.

❖ Bergbaualtlasten

Nach Auslaufen des Abschlussbetriebsplanes werden Bergbauflächen an die zuständigen Gemeinden übergeben. Die Inwertsetzung dieser Fläche für eine neue Nutzung ist aufgrund zu meist ausgezeichneter infrastruktureller Gegebenheiten von hohem, öffentlichem Interesse.

Um eine Reaktivierung dieser Bereiche zu erreichen, ist eine detaillierte Beschreibung der vorhandenen Altlasten im Untergrund, wie Einbauten oder auch infolge von Kontaminationen, erforderlich.

Beim Abbau und der nachfolgenden Aufbereitung wurden große Mengen an Schwermetallen in die Umwelt abgegeben. Dazu gehören: Wismut, Eisen, Kupfer, Blei, Zink, Zinn, Nickel, Cadmium, Chrom und Uran. Dies geht häufig mit einer hohen Belastung der Böden einher. Auf durch den Erzbergbau belasteten Böden wachsen beispielsweise spezifische Pflanzengesellschaften (so genannte azonale Vegetation). Dort bilden die sogenannten Galmeipflanzen Schwermetallrasen aus. Dabei werden oft auch Halbmetalle wie z. B. Arsen mit eingeschlossen. Bei Arsenkontaminationen des Grundwassers in Bergbaugebieten liegen häufig auch Belastungen durch organische Schadstoffe vor. Solche heterogenen Mischkontaminationen stellen in der Regel Probleme bei der Grundwassersanierung dar.

4.2.5 Radon

Während des Steinkohleabbaus wird Methangas freigesetzt. Durch Methan kann auch Radon an die Erdoberfläche transportiert werden, welches ein radioaktives Gas darstellt und die Fähigkeit besitzt, in Gebäude einzudringen.

Eine Schließung der untertägigen Hohlräume bewirkt zunächst eine Störung im Gleichgewicht des Gebirgsspannungszustandes, später Veränderungen im Untergrund und nachfolgend an Bauwerken. Dadurch kommt es zu Rissen in den Wänden und in der Bodenplatte in Kellerräumen. Solche Undichtheiten im Mauerwerk begünstigen die Radonmigration, was im Endeffekt zur Erhöhung der Radonkonzentration in der Raumluft führt. Die Inhalation von Radon in Bergbaugebäuden stellt sich als eine ernsthafte gesundheitliche Gefährdung des Menschen dar, weil es Lungenkrebs verursachen kann [5]. *"Für Deutschland wird geschätzt, dass vier bis zwölf Prozent aller Lungenkrebserkrankungen durch Radon in Wohnungen entstehen."* (Beckmann, 2010, S.58, 59). Im Zusammenhang damit können Bergbaugebäude eine verborgene Gefahr durch Radon enthalten. Die Radon-Konzentration in der Raumluft der betreffenden Objekte sollte demzufolge untersucht werden.

4.2.6 Sickerwasser

Aufgrund großer Wasserdurchlässigkeit der Bergbauhalden versickert das Niederschlagswasser sehr schnell in den Halden. Das so genannte Sickerwasser, welches viele Schwermetalle und Salze mitführt, fließt in den Untergrund sowie die Kanalisation und stellt damit ein Gefahrenpotential dar.

4.2.7 Bergschadensvermutungen

In den ehemaligen Bergbaugebieten ist es sehr wichtig, die Grenze der bergbaulichen Einwirkungen abzustecken. Zunächst ist zu beweisen:

- dass der Schaden im sogenannten Einwirkungsbereich der untertägigen Aufsuchung oder Gewinnung eines Bergbaubetriebes entstanden ist;
- dass der Schaden durch Senkungen, Pressungen oder Zerrungen der Erdoberfläche oder durch Erdrisse entstanden ist;
- dass es sich um einen Schaden handelt, der seiner Art nach ein Bergschaden sein kann.

Nach Überprüfung des Kartenwerks und der Messungen kann anschließend der Bereich, in denen ein Bergschaden vermutet wird, untersucht werden sowie die Anpassung der Aufwendungen festgelegt werden.

4.2.8 Schadensersatzansprüche

Für alle bergbaubedingten Handlungen, die zu Schäden geführt haben, muss der Bergwerksbetreiber einstehen. Gemäß §119 BBerG reicht auch für eine Bergschadenshaftung, wenn der Bergbau mit ursächlich war. *„Haben z.B. der Bergbau durch Abpumpen des Grubenwassers und industrielle Wasserentnahmen von Unternehmen zusammen dazu geführt, dass sich ein Grundstück absenkt, haften beide Verursacher für den daraus entstandenen Schaden als Gesamtschuldner...“* (Verloeper, Immekus, 2006, S.40).

Die Schadensersatzansprüche sind abhängig von Sachverständigen, die Bergschäden von herkömmlichen Baumängeln oder Altersschäden abgrenzen müssen.

Die sogenannten allgemeinen Vermögensschäden sind ebenfalls nach allgemeinen Schadenersatzgrundsätzen aus der Bergschadensdefinition auszugrenzen.

Für Bergschäden an baulichen Anlagen kann zunächst einmal die Wiederherstellung oder auch der zur Wiederherstellung erforderliche Geldbetrag verlangt werden. Wenn die Wiederherstellung nicht möglich ist oder zur Entschädigung nicht genügt, ist ersatzweise oder zur Schadensbeseitigung mittels Zahlungen zu entschädigen.

4.2.9 Reparatur und Sanierung

Gemäß §249 I BGB (Bürgerliches Gesetzbuch) ist der Zustand herzustellen, *„...der bestehen würde, wenn das schädigende Ereignis nicht eingetreten wäre.“* (BGB, §249). Die Schäden sollen so repariert werden, dass aus wirtschaftlicher Sicht ein gleichwertiger Zustand wiederhergestellt ist. Der Geschädigte kann die Durchführung der Reparatur entweder:

- dem Bergbaubetreiber überlassen, der entsprechende Firmen für die Sanierungsarbeiten beauftragt und bezahlt, oder
- selbst die Handwerksunternehmen auswählen.

Wenn der Geschädigte selbst die Handwerksunternehmen auswählt und beauftragt, entrichtet er vorab die Werklohnforderung. Damit ist er aber nicht verpflichtet, den Bergschaden reparieren zu lassen, und es hängt von ihm ab, ob er das Geld für eine Reparatur verwendet [102]. *„Hierbei ist jedoch zu beachten, dass im Falle einer nicht durchgeführten Reparatur der Anspruch des Geschädigten auf Erstattung von Folgeschäden, die durch die nicht durchgeführte Sanierung verursacht werden, nicht besteht.“* (Verloeper, Immekus, 2006, S.41).

4.3 Minderwert bei Bergschäden

Allgemein bekannt ist, dass, wenn die Sache beschädigt ist, ist sie gegenüber dem unbeschädigten Zustand im Wert gemindert. Die bergbaulichen Einwirkungen auf Gebäude und

dadurch entstehende Bergschäden verursachen Wertminderungen von Gebäuden. Das ist in der Bergschadenpraxis als *Minderwert* bekannt [28].

Im Ruhrrevier hat der Verband Bergbaugeschädigter Haus- und Grundeigentümer e.V. (VBHG) die Voraussetzungen und die Ermittlung der Höhe des Minderwertausgleiches festgelegt.

Im Reichsgericht von 1883 und 1884 werden für das Bestehen eines Minderwerterersatzanspruches folgende Gründe angegeben [96]:

- „Berücksichtigung der erschwerten Beleihbarkeit,
- Verkürzung der Bestandsdauer,
- Wahrscheinlichkeit der Notwendigkeit weiterer Reparaturen,
- Sicherung eines Neubaus....,
- erschwerte Nutzung,
- nachteiliges Aussehen,
- Verringerung des Verkaufswerts,
- Ertragsminderungen,
- Schiefstellungen.“ (Szelag, 1989, S. 328).

4.3.1 Schiefelagebezogener Minderwert

Gebäudeschiefagen erschweren immer die Nutzung des Gebäudes und mindern damit seinen Wert. Als Maß zur Ermittlung des Minderwertes wird die durch den untertägigen Abbau bedingte Schiefelage der Gebäude angenommen. Der sog. schiefelagebezogene Minderwert wird in einem Vomhundertsatz des Gebäudewertes ermittelt. Es wird erstmalig zwischen „Wohngebäuden und Gebäuden mit Wohncharakter“ und „Gebäuden anderer Art und Nutzung“ unterschieden.

Für Wohngebäude und Gebäude mit Wohncharakter

- Bei Schiefagen unter 2mm/m wird nicht entschädigt.
„Bei Schiefagen zwischen 2mm/m und 15mm/m beträgt der Minderwert je 2mm/m Schiefelage 1% des Gebäudewertes.“ (Szelag, 1989, S. 329).
- Bei „...Schiefagen zwischen 15 mm/m und 25 mm/m soll die Zunahme des Minderwertes je 1mm/m Schiefelage 1,75% des Gebäudewerts betragen. Daraus errechnet sich z. B. bei einer Schiefelage von 25 mm/m ein Gebäudeminderwert von 25%. Bei Schiefagen von mehr als 25 mm/m soll die Zunahme des Minderwertes je 1 mm/m Schiefelage 2,75% des Gebäudewerts betragen...“ (Szelag, 1989, S. 329). (Abb. 4.3).

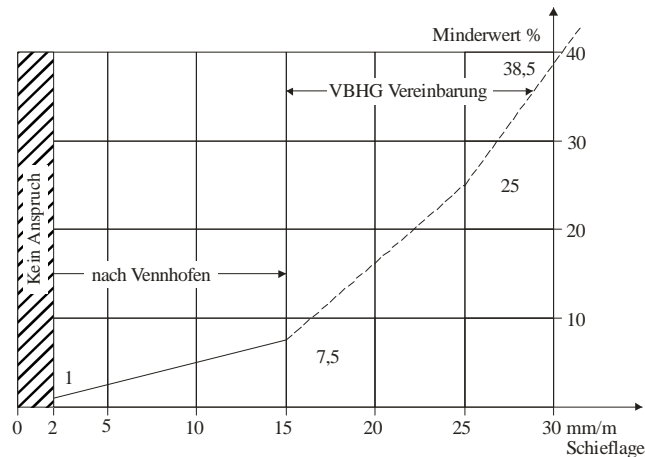


Abb. 4.3 Minderwert bei Wohngebäuden, VBHG-Abkommen 6/87 (1989) [96]

Für Gebäude anderer Art und Nutzung

- Für Schiefelagen unter 5mm/m wird nicht entschädigt.
- „Bei Schiefelagen ab 5mm/m beträgt der Minderwert in Abhängigkeit von Gebäude- und Nutzungsart je 3 – 4 mm/m Schiefelage 1% des Gebäudewertes.“ (Gesamt-Minderwertabkommen VBHG / RAG, 2001, S.2). (Abb.4.4).

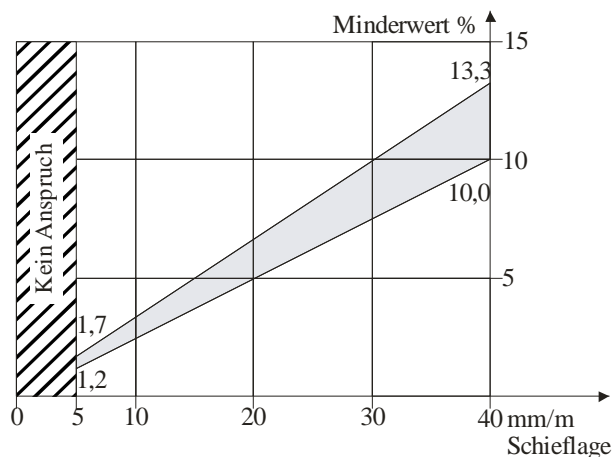


Abb. 4.4 Minderwert bei Gebäuden anderer Nutzung, VBHG-Abkommen (1989) [96]

Die technische Messung der Schiefelage erfolgt in der Praxis:

- meistens nach dem 3-Strahlen-Verfahren – aus dem Senkungsunterschied der Endpunkte zweier Gebäudeseiten und einer Gebäudediagonalen,
- nach der mittleren bergbaubedingten Schiefelage – das Mittel aus drei Quotienten (aus den Senkungsunterschieden der Endpunkte jeder der drei Richtungen durch die Länge der ausgewerteten Richtung) und
- nach der Z-Formel-Mittel aus zwei parallelen Seiten und einer vom Höchstpunkt ausgehenden Diagonalen [100].

Nach dem jeweiligen Objekt und dem jeweiligen Schadensbild soll ein angepasstes individuelles o.g. Messverfahren gewählt werden.

4.3.2 Merkantiler Minderwert

Der merkantile Minderwert ist die potentielle Vermögenseinbuße, die ein bergbaugeschädigtes Objekt beim Verkauf erleiden würde.

Die Erstattung des merkantilen Minderwertes ist ursprünglich im Bereich des Verkehrsunfallrechts entwickelt worden, in dem bei erheblichen Beschädigungen von Pkws ein Minderwert aus dem Verdacht verborgener Mängel resultierte. Der merkantile Minderwert bezüglich Gebäude kann Kaufinteressanten als Information dienen, dass trotz ordnungsgemäßer und vollständiger Instandsetzung des bergbaugeschädigten Gebäudes der Verdacht verborgener Mängel und Schäden entstehen kann. Die daraus resultierende Wertminderung des Gebäudes auf dem Immobilienmarkt stellt den merkantilen Minderwert dar. Er ist wichtig, wenn gegenüber einem eventuellen Kaufinteressenten eine Offenbarungspflicht besteht. Solche Umstände, die erst nach dem Abschluss des Kaufvertrags bekannt werden, berechtigen einen Käufer den Kauf rückgängig zu machen oder zumindest den Kaufpreis mindern zu können.

Der Anspruch auf Erstattung des merkantilen Minderwerts ist aber nicht an eine konkrete Verkaufsabsicht des Gebäudeeigentümers gebunden. Grundsätzlich muss der Verursacher den merkantilen Minderwert auch dann ersetzen, wenn der Geschädigte die Sache behält und benutzt. Der merkantile Minderwert konkretisiert sich also nicht in einem Verkauf.

Vereinbarte Maßstäbe zur Höhe des merkantilen Minderwertes gibt es nicht. Die Höhe der Erstattung des merkantilen Minderwertes im Gesamtminderwertabkommen des VBHG hat als privatrechtliche Vereinbarung keine rechtsverbindliche Wirkung außerhalb der Mitgliedschaft. Es kann aber als Beurteilungshilfe herangezogen werden.

Im VBHG –Minderwertabkommen wird der Minderwert in einem Vomhundertsatz des Gebäudewertes ausgedrückt. Bei der Ermittlung wird maßgebend auf Art und Umfang der Schädigung und/oder erforderlicher Reparaturmaßnahmen abgestellt. Die Höhe des merkantilen Minderwertes wird nach einer Berechnungsformel ermittelt mit folgenden Faktoren:

„Faktor A1/A2: Reparaturaufwand und Verhältnis zum Gebäudewert

Faktor B: Art der Schadensbeseitigung

Faktor C: Verkäuflichkeit des Gebäudes“ (Gesamt-Minderwertabkommen VBHG / RAG, 2001, S. 3).

Die den Faktoren jeweils zuzuordnenden Zahlenwerte sind in Tabelle 4.1 dargestellt.

Nicht einfach ist dabei die Festlegung der Qualität und Quantität von Schäden bzw. Reparaturmaßnahmen. Es kann auch nicht gänzlich unberücksichtigt bleiben, dass Gebäude im Laufe ihrer Standdauer häufig planmäßig Instandsetzungs-, Modernisierungs- und Umbauarbeiten unterzogen werden. Aus diesen Gründen sind den standardisierten Festlegungen hinsichtlich merkantiler Wertminderungen unvermeidlich Grenzen gesetzt.

Gesamt – Minderwertabkommen VBHG/RAG ¹⁾												
Stand: 12.12.2001												
	Faktor A1		Faktor A2			Faktor B			Faktor C			
	erheblicher Substanzschaden		erheblicher Eingriff in die Tragwerkskonstruktion			Art der Schadensbeseitigung			Verkäuflichkeit des Gebäudes			
	Reparaturaufwand		Reparaturaufwand			Reparaturverfahren			Einordnung			
	≥30 und <50% des GW oder 75.000 €	≥50% des GW	≥10 und <30% des GW, mindestens 20.000 €	≥30 und <60% des GW, mindestens 30.000 €	≥60 des GW, mindestens 40.000 €	Standard	Hebung		Ausgleichselemente	gut	normal	schlecht
							unter Fundament	unter Decke				
RND in Jahren	Schadensgrad in % des GW		Schadensgrad in % des GW			Korrekturfaktor			Korrekturfaktor			
50-69	3	4	2	3	4	1	1	1,2	1,2 – 1,5	0,8	1	1,1
70-79	4	5	3	4	5	1	1	1,2	1,2 – 1,5	0,8	1	1,1
80-89	5	6	4	5	6	1	1	1,2	1,2 – 1,6	0,8	1	1,1
90-99	6	7	5	6	7	1	1	1,2	1,2 – 1,6	0,8	1	1,1
Anmerkung zur Anwendung:												
<ul style="list-style-type: none"> RND = Restnutzungsdauer (des Gebäudes) GW = Gebäudewert 												
1) Verband Bergbaugeschädigter Haus- und Grundeigentümer e.V. / Ruhrkohle Aktiengesellschaft												

Tab. 4.1 Merkantiler Minderwert [100]

Der Gebäudewert im Sinne dieses Abkommens wird nach dem Sachwertverfahren aus der Immobilienwertermittlungsverordnung (ImmoWertV) (vgl. Punkt 3.1.3) ermittelt [28].

5. DCF als Wertermittlungsmethode für bergbaubeeinflusste Immobilien

Für die Wertermittlung wurde die Discounted Cash Flow (DCF) - Methode (Abzinsung zukünftiger Zahlungsströme) ausgewählt (s. Formel 3.8). Der Schwerpunkt der Methode liegt in der Bestimmung des entsprechenden Diskontfaktors.

5.1 Begründung der Verfahrenswahl

Die Wertermittlung von bergbaubeeinflussten Immobilien steht vor einem Problem. Vergleichsdaten zur Ermittlung des Verkehrswertes solcher Immobilien sind sehr schwer oder überhaupt nicht zu erzielen, da solche Immobilien, bei denen Bergbaubeeinflussungen berücksichtigt werden, sehr selten im Immobilienverkehr existieren. Dies tritt vor allem bei Grundstücken im östlichen Deutschland auf, die Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind. Gesicherte, marktübliche Daten des Vergleichs-, Ertrags- und Sachwertverfahrens werden deshalb in vorliegendem Fall ausgeschlossen. Dieses Problem scheint die 'DCF-Methode als Investitionsrechenverfahren' lösen zu können, der voraussichtliche, angenommene Daten zugrunde liegen. Dabei wird auch das Risiko der Investition berücksichtigt. Die Möglichkeit das Risiko in der Wertermittlung von bergbaubeeinflussten Immobilien zu beinhalten, beweist sich da als ein weiteres Argument für die Anwendung der DCF-Methode. Solche Immobilien stehen nämlich unter, wie im Kapitel 4 beschriebenen, großen zukünftigen Risiken und Belastungen aufgrund ihrer (Vor-)Nutzung. Außerdem ermöglicht das Verfahren die Ermittlung des Kapitalwerts für die nächsten 10 bis 15 Jahre. Aufgrund dieses langen Zeitraums ist diese Methode für die Wertermittlung von bergbaubeeinflussten Immobilien geeignet, bei denen die Bergbaueinflüsse hauptsächlich langfristig berücksichtigt werden sollen.

Darüber hinaus ist das DCF-Verfahren eine international allgemein bekannte Methode, die in vielen Ländern anerkannt wird.

Zusammenfassend stellen sich folgende Gründe für die Anwendung der 'DCF-Methode als Investitionsrechenverfahren' in Bezug auf die Wertermittlung von bergbaubeeinflussten Immobilien dar:

- keine Voraussetzung sich auf gesicherte Daten berufen zu müssen, die für vom Bergbau beeinflusste Immobilien kaum erhältlich sind,
- Möglichkeit das Risiko zu berücksichtigen, welches eine große Rolle bei der Investition in bergbaubeeinflusste Immobilien spielt,
- Betrachtungszeitraum 10 bis 15 Jahre, in dem langfristige bergbauliche Einwirkungen beobachtet werden können,
- ein international allgemein bekanntes Verfahren, das in vielen Ländern anerkannt wird.

Es ist nicht ausgeschlossen, dass der Wert bergbaubeeinflusster Immobilien mittels normierter Verfahren ermittelt werden kann. Die am 1. Juli 2010 in Kraft getretene Immobilienwertermittlungsverordnung nimmt das Ertragswertverfahren „auf der Grundlage periodisch unterschiedlicher Erträge“ auf. Im Kapitel 3.1.2 wird das Verfahren als das ‘DCF-Verfahren zur Verkehrswertermittlung’ bezeichnet, weil seine Vorgehensweise der allgemein bekannten DCF-Methode entspricht, aber zugleich auf den gesicherten, marktüblichen Daten basiert. Diese Daten hinsichtlich bergbaubeeinflusster Gebiete sind häufiger im westlichen Teil Deutschlands verfügbar, in dem sich der Markt solcher Immobilien seit vielen Jahren verstärkt. In diesem Fall könnte der Diskontfaktor anders abgeleitet werden. Er würde sich ebenfalls aus einem Risikozuschlag ergeben (s. Formel 3.9 und 5.1) aber der risikofreie Zins würde durch den Liegenschaftszins ersetzt werden.

5.2 Diskontfaktor

Aus theoretischer Sicht besteht der Diskontfaktor (r_d) aus dem risikofreien Zins (r) und einer Risikoprämie (p). Analytisch kann man die Risikoprämie (p) weiter unterteilen in eine immobilisenspezifische Komponente p_I - sie greift das Risiko einer Immobilieninvestition im Allgemeinen ab - und eine standortspezifische Komponente p_S , welche die Besonderheiten eines Standortes berücksichtigt [49].

$$r_d = r + p = r + (p_I + p_S) \quad (5.1)$$

mit:

r – risikofreier Zins,

p – Risikoprämie.

Der risikofreie Zins wird aus dem Zinssatz für eine langfristige risikofreie Kapitalanlage (aus dem Bericht der Deutschen Bundesbank) abgeleitet [25]. In der Praxis wird die risikofreie Verzinsung oft noch um einen immobilisenspezifischen Risikozuschlag um 1 bis 3 % erhöht.

Dabei wird jedoch nicht das Risiko von dauerhaften Bergbaueinwirkungen an Immobilien berücksichtigt. Deswegen werden in der Analyse die bergbaulichen Einwirkungen an Gebäuden, Oberflächenvernässungen sowie Sickerwasser und bergbaubedingte Altlasten für die standortspezifische Komponente untersucht und als eine Bergbau-Komponente bezeichnet. Entsprechend der oben genannten Annahmen wird die Risikoprämie in der Analyse von Bergbauflächen in folgende Komponenten unterteilt:

p_I – immobilisenspezifische Komponente

1. Lage,
2. Nahverkehrsmöglichkeiten,
3. Altlastenverdachtsflächen (nicht bergbaubedingt)

und

p_S – standortspezifische Komponente = Bergbau-Komponente

1. Prognosen bergbaubedingter Wertminderungen von Gebäuden,
2. Potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen,
3. Sickerwassergefahr und bergbaubedingte Altlasten.

5.3 Berechnungsablauf der Risikoprämie

Aus der zusammengesetzten standortspezifischen Komponente (Bergbau-Komponente) wird ein standortspezifischer Risikozuschlag p_S abgeleitet. Analog dazu wird ein immobilien-spezifischer Risikozuschlag p_I abgeschätzt (Abb. 5.1). Weiterhin werden Risikozuschläge p_S und p_I mit dem Risikoprämienbereich zusammengesetzt. Demnach wird die endgültige **Risikoprämie p** so ermittelt, dass sie außer typischen Immobilieneigenschaften auch die Bergbaueigenschaften beinhaltet.

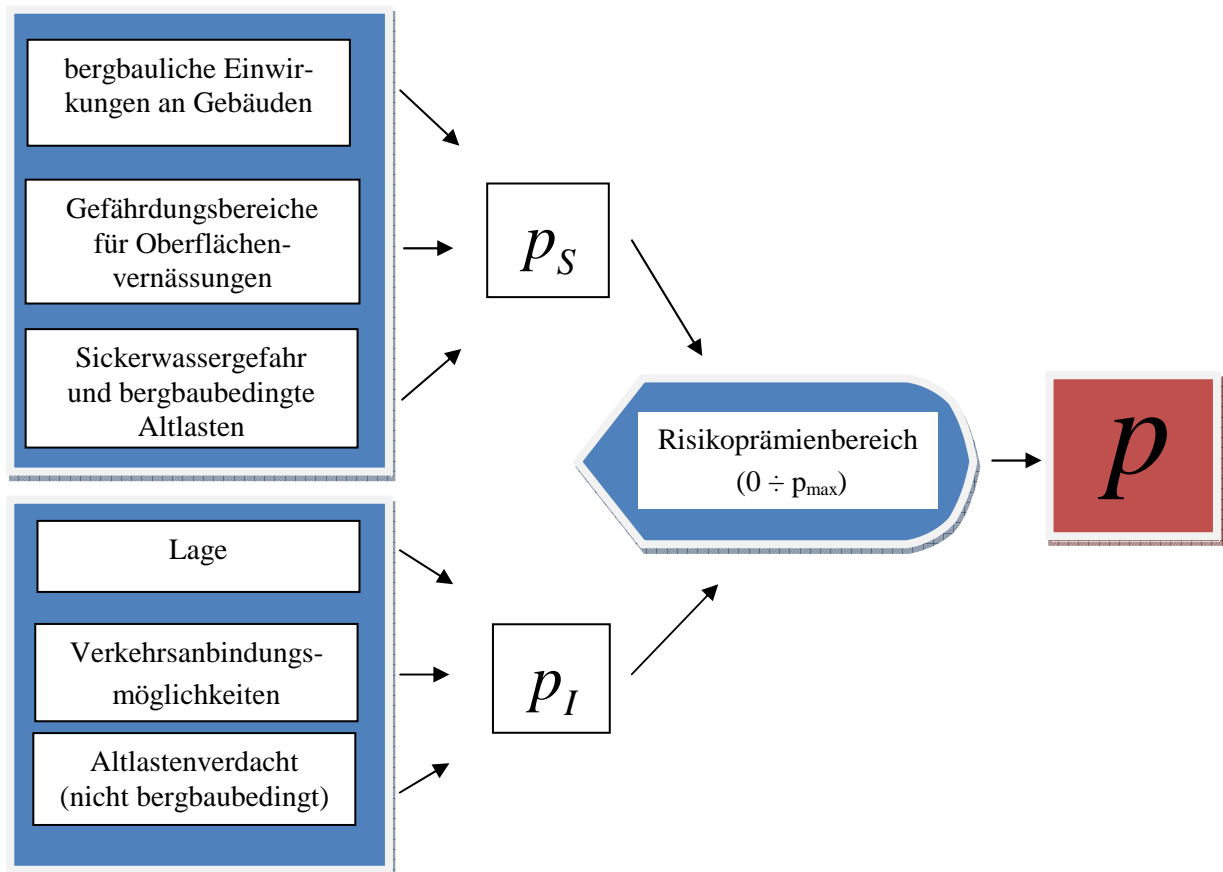


Abb. 5.1 Berechnungsablauf der Risikoprämie p

Das Problem besteht darin, ein zutreffendes Berechnungsverfahren für Risikozuschläge zu finden, bei dem die Bergbaurisiken beachtet werden. Es ist schwer, eindeutige Prognosen zu bergbaulichen Einwirkungen an Gebäuden oder Oberflächenvernässungen einzuschätzen, weil sie von vielen geologischen Prozessen abhängen. Dazu gibt es in der Regel keine bestimmte Anzahl.

Diese Schwierigkeit kann man mittels Fuzzy-Logik lösen, die auf linguistischen Variablen basiert. Die Fuzzy-Logik ist nicht in der Immobilienwertermittlung verbreitet, deshalb wird sie zusätzlich ausführlich im nächsten Kapitel erklärt

Die Analyse und die Bestimmung der standortspezifischen und immobiliespezifischen Komponenten sowie des Risikoprämienbereiches sind in den weiteren Unterkapiteln beschrieben.

5.4 Analyse der standortspezifischen Komponenten hinsichtlich der bergbaulichen Einwirkungen

5.4.1 Prognosen bergbaubedingter Wertminderungen von Gebäuden

Eine direkte Anwendung des merkantilen Minderwertes (Tab. 4.1) ist nach dem VBHG-Abkommen nur mit vollständigen Angaben zu den Bergbauschäden an den Gebäuden möglich. Von den ehemaligen Bergbaugebieten, in denen aktiver Bergbau schon im neunzehnten Jahrhundert stattfand, gibt es häufig keine genauen und vollständigen Informationen über Bergbauschäden an Bauobjekten bzw. Bergschadenkosten oder Reparaturaufwand. Zur Verfügung stehen von Zeit zu Zeit einzelne Informationen wie das Schadenskataster von einigen Gebäuden oder Ergebnisse durchgeführter Senkungsmessungen.

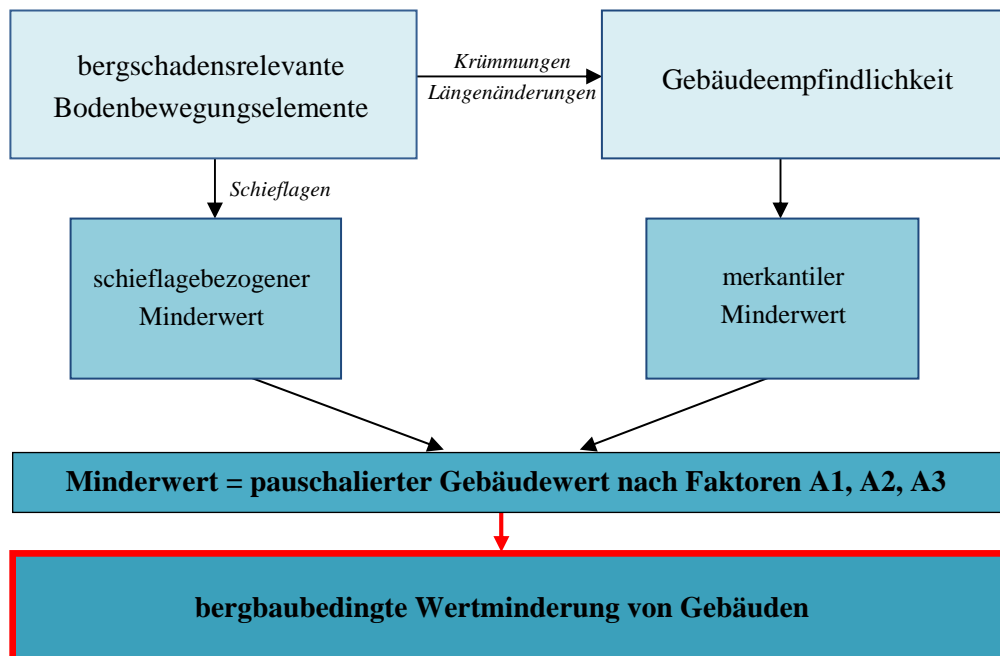


Abb. 5.2 Ablauf zur Abschätzung der bergbaubedingten Wertminderung von Gebäuden [85]

Aus diesem Grund werden zur Bewertung des schieflagebezogenen Minderwertes (Abb. 4.2 und 4.3) sowie des merkantilen Minderwertes (Tab. 4.1) folgende Elemente herangezogen:

- **Gebäudeempfindlichkeit** - die standardisierte Bewertung von Bauwerken hinsichtlich ihrer bautechnischen Empfindlichkeit gegenüber bergbauinduzierten Bodenbewegungen [100] und
- **bergschadensrelevante Bodenbewegungselemente** - prognostizierte (nachgerechnete) bzw. aus den durchgeführten Messungen abgeleitete Werte von Schieflagen, Krümmungen und Längenänderungen (Abb. 5.2).

Vorhandene Angaben zu den Bodenbewegungswerten und den Gebäudeempfindlichkeiten dienen als Grundlage für den merkantilen- und den schiefelagebezogenen Minderwert.

❖ Bestimmung des Minderwerts

In der vorliegenden Analyse sind aus Tabelle 4.1 nur die Faktoren A1, A2 und B in Betracht gezogen worden. Die Faktoren **A1** und **A2** sind auf Grundlage der Dissertation von Pohl (Tab. 5.1) und nach den Werten der abbaubedingten Bodenbewegungen festgesetzt worden. Der Faktor C ist in der Analyse nicht mehr berücksichtigt worden. Eine Verkäuflichkeit des Gebäudes stellt das wirtschaftliche Problem dar, das im vorliegenden Kapitel über die standortspezifischen Komponenten hinsichtlich der bergbaulichen Einwirkungen nicht betrachtet werden soll.

Für den Faktor B - Art der Schadensbildung - wird unter „Standard“ die konventionelle Art der Reparatur verstanden, wie z. B. Abbruch und Wiederaufbau tragender Wände, Pfeiler, Stützen und Decken [96]. Unter „Hebung“ wird die Horizontierung eines Gebäudes bzw. von Gebäudeteilen verstanden [100]. Solche Informationen über die ausgeführten oder künftig notwendigen Maßnahmen der ehemaligen Bergbaugebäude stehen oft nicht zur Verfügung. In diesem Fall hat der Faktor B keine direkte Anwendung, sondern dient als ein Hinweis für die Analyse.

Außer den Faktoren A1 und A2 ist noch der Faktor **A3** - Nutzungerschwernis bestimmt worden, der sich vor allem auf die Betrachtung des schiefelagebezogenen Minderwertes bezieht.

A1. erheblicher Substanzschaden

A2. Eingriff in die Tragwerkskonstruktion

Als Grundlage der Analyse diene die Arbeit von Pohl. Seine Dissertation [79] basiert auf der Arbeit von Kwiatek, Gil-Kleczeńska und Mika [64] und auf den langjährigen Erfahrungen aus durchgeführten Baudokumentationen von Lejczak et al. [67]. Lejczak hat eine Zuordnung von Bauobjekten im Hinblick auf ihre Empfindlichkeit gegenüber bergbaulicher Einwirkungen entwickelt. Die bewerteten Attribute: Länge des Objektes, Gestalt des Baukörpers, Gründung des Objektes, Baugrund, Gebäudekonstruktion, vorhandene Sicherungen und technischer Zustand werden mit Punkten versehen (Tab. 5.1). Die den einzelnen Attributen zugeschriebenen Punktezahlen werden aufsummiert und der bergbaulichen Empfindlichkeitskategorie gegen-

übergestellt. Die Abhängigkeit von der Punktzahl, der Verträglichkeitskategorie und der Längenänderung ist schematisch in Abbildung 5.3 dargestellt. Daraus folgt, dass je weniger Punkte das jeweilige Gebäude erhält, desto verträglicher gegenüber Längenänderungen ist es und demzufolge zu einer höheren Verträglichkeitskategorie gehört es.

1.	Länge des Objektes (Gebäudes)							
Länge[m]	=< 10	10-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	> 40
Pkt.-Zahl	4	5-7	8-11	12-16	17-22	23-29	30-37	42
2.	<u>Gestalt des Baukörpers</u> einfach (rechteckig), zusammenhängend einfach, verschachtelt stark verschachtelt einfach, ausgedehnt verschachtelt und ausgedehnt							0 3 6 6 8
3.	<u>Gründung des Objektes (Objektfundamentierung)</u> auf gleichem Niveau, mit oder ohne Keller auf unterschiedlichem Niveau auf unterschiedlichem Niveau, teilunterkellert wie oben, mit unterbrochener Gründungsebene							0 3 6 8
4.	<u>Baugrund</u> kompressibel wenig kompressibel unkompressibel							0 4 12
5.	<u>Gebäudekonstruktion (Objektstruktur)</u> steif wenig steif unsteif							0 4 8
6.	<u>Vorhandene Sicherungen</u> Ankerung, Betonaussteifung Teilbereiche gesichert (gefährdete Bauteile) nicht gesichert							0 4 6
7.	<u>Technischer Zustand (Unterhaltungszustand)</u> gut mittel schlecht							0 6 12
Punkt-Zahl	=<20	21-27	28-36	37-47	>=48			
Verträglichkeitskategorie	IV	III	II	I	0			

Tab. 5.1 Klassifizierung der Bebauung hinsichtlich der Verträglichkeitskategorien [79]

Eine ähnlich strukturierte Methode hat Pohl in seiner Dissertation vorgestellt. Seine Klassifikation umfasst folgende Attribute:

- Baustoffe und Konstruktion,
- Bauwerkslänge,
- Baugrund,
- Unterkellerung,
- Geschossanzahl und
- Vorschädigungsstufe und Bauwerksalter.

Je nach Attribut wird dem Gebäude eine bestimmte Anzahl von Punkten zugeteilt. Die Summe der Punkte ergibt die Verträglichkeitskategorie, d.h. die zulässigen Pressungs- und Zerungswerte.

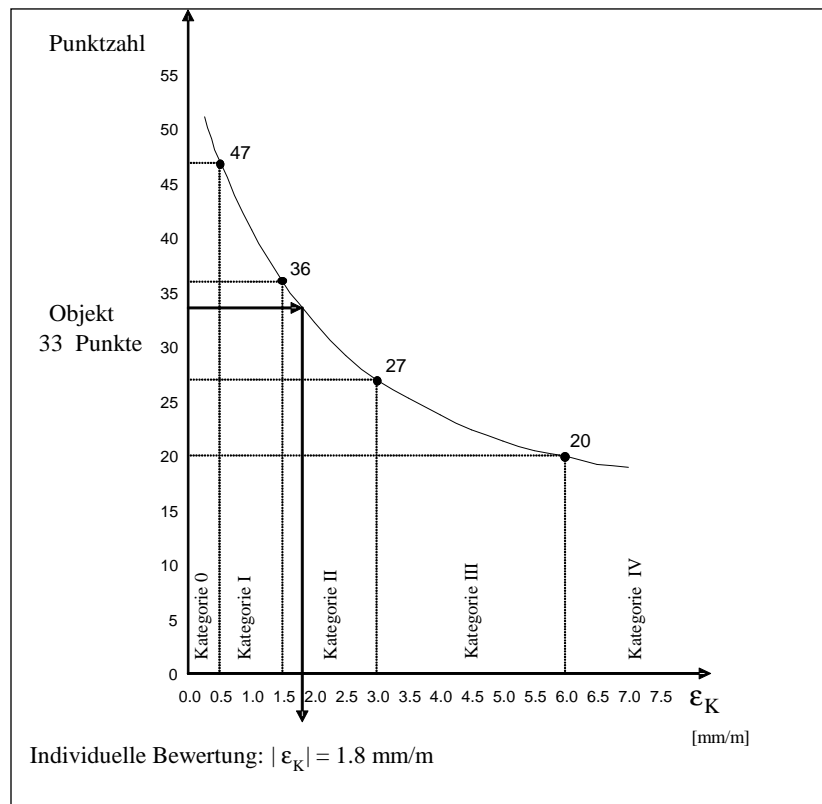


Abb. 5.3 Darstellung der Abhängigkeit zwischen der Punktzahl und der Verträglichkeit gegenüber den Längenänderungen von der Punktzahl, der Verträglichkeitskategorie und der Längenänderung [60]

In ehemaligen Bergbaurevieren sind aus der Zeit, in der aktiver Bergbau stattfand, sehr oft keine Angaben über Schäden an damals existierenden Gebäuden vorhanden. Von daher ist vorausgesetzt worden, dass bergbaubedingte Schäden damals nicht existierten, und für alle analysierten Gebäude ist die Kategorie 'Vorschädigungsstufe' mit V0 angenommen worden. Unter Berücksichtigung der anderen Attribute wie 'Baustoffe und Konstruktion', 'Bauwerkslänge', 'Baugrund', 'Unterkellerung und Geschossanzahl' sind für jedes analysierte Gebäude die Bewertungspunkte berechnet worden.

Analog zu der individuellen Bewertung von Bauwerken von Knothe und Sroka (Abb. 5.3) sind die Diagramme mit Bewertungspunkten von Pohl bearbeitet worden (Abb. 5.4 und 5.5). Aus den Diagrammen sind die genauen Verträglichkeitsgrößen der Bauwerke gegenüber Zerungen und Pressungen bestimmt worden.

Prognosen bergbau- licher Einwirkungs- kategorien ε_v [mm/m] Ver- träglich- keitsgrenzen für Wohnbebauungen in Bewertungspunkten	0	I	II	III	IV	V
	$\leq 0,5$	$>0,5$ $\leq 1,5$	$>1,5$ $\leq 3,0$	$>3,0$ $\leq 4,5$	$>4,5$ $\leq 6,0$	$>6,0$ $\leq 9,0$
Pressung	≤ 0	1-34	35-59	60-78	79-91	≥ 92
Zerrung	≤ 0	1-50	51-76	77-92	93-104	≥ 105
Bauwerkspressungen						
Baustoffe und Konstruktion	(K1) +36	(K2) +9	(K3) -16	(K4) -19	(K5) -21	
Bauwerkslänge [m]***	10 +23	15 +20	20 +18	25 +14	30 +10	40 0 50 -9
Baugrund	(B1) +15	(B2) +10	(B3) -7	(B4) -8		
Unterkellerung	(U1) +28	(U2) +17	(U3) +7			
Geschossanzahl	(G1) +19	(G2) +15	(G3) +12	(G4) +11		
Vorschädigungsstufe und Bauwerksalter	(V0) +21	(V1) +12	(V2) +5*	(V3) +4	(V4) +38*	(V5) -24* (V6) -70*
Bauwerkszerrungen						
Baustoffe und Konstruktion	(K1) +54	(K2) +23	(K3)** -22	(K4) -28	(K5) -33	
Bauwerkslänge [m]***	10 +39	15 +34	20 +30	25 +23	30 +16	40 +2 50 -11
Baugrund	(B1) +27	(B2) +21	(B3) +1	(B4) -3		
Unterkellerung	(U1) +35	(U2) +24	(U3) +8			
Geschossanzahl	(G1) +21	(G2) +17	(G3) +14	(G4) +10		
Vorschädigungsstufe und Bauwerksalter	(V0) +24	(V1) +12	(V2) +7*	(V3) +6	(V4) +54*	(V5) -34* (V6) -100*
<p>* vor Vergabe von Bewertungspunkten ist zu prüfen, ob das Mauerwerkgebäude denkmalgeschützt ist oder einer besonderen Bedeutung unterliegt (Einzeluntersuchung)</p> <p>** bei zugfest angeschlossener Stahlbetongründungssohle (Zerrplate) kann für K 3 = 0 Punkte gesetzt werden</p> <p>*** maximale Grundrissausdehnung über die Diagonale</p>						

Tab. 5.2 Bewertungspunkte und Klassifizierung im Hinblick auf die Empfindlichkeit gegenüber bergbaulicher Einwirkungen [79]

Erläuterung:

- K1 – tragende Außenwände Stahlbeton mit erhöhter Bewehrung (z. B. Bergbausicherung),
– Gründungssohle Stahlbeton mit erhöhter Bewehrung (z. B. Bergbausicherung),
– Decke(n) über Gründungssohle(n) Stahlbeton,
- K2 – tragende Außenwände Stahlbeton mit Standardbewehrung,
– Gründungssohle Stahlbeton mit Bewehrung,
– Decke(n) über Gründungssohle(n) Stahlbeton,
- K3 – tragende Außenwände Mauerwerk,
– Gründungssohle aussteifend (z. B. Stahlbeton), jedoch nicht konstruktiv mit Mauerwerkswand verbunden,
– Geschossdecken und Kellerdecke, wenn vorhanden, aussteifend (z. B. Stahlbeton),
- K4 – tragende Außenwände Mauerwerk,
– Gründungssohle nicht aussteifend (z. B. Ziegelflachsicht, Magerbeton),
– Geschossdecken und Kellerdecke, wenn vorhanden, aussteifend (z. B. Stahlbeton),
- K5 – tragende Außenwände Mauerwerk,
– Gründungssohle nicht aussteifend (z. B. Ziegelflachsicht, Magerbeton),
– Geschossdecken und Kellerdecke, wenn vorhanden, nicht aussteifend (z. B. Mauerwerksgewölbedecke, Kappendecke),

- B1 – Löß, Sandlöß,
- B2 – Flugsand,
- B3 – Geschiebemergel, Tonmergel,
- B4 – Niederterrassen-Sande und -Kiese,

- U1 – ohne Unterkellerung,
- U2 – Vollunterkellerung,
- U3 – Teilunterkellerung,

- G1 – 2,5 Geschosse ab Erdgeschoss,
- G2 – 2,0 Geschosse ab Erdgeschoss,
- G3 – 1,5 Geschosse ab Erdgeschoss,
- G4 – 1,0 Geschosse ab Erdgeschoss,

- V0 – ohne Vorschäden,
- V1 – Vorschadensstufe 1 gemäß Tabelle 5.4, Bauwerksalter: bis 100 Jahre,
- V2 – Vorschadensstufe 1 gemäß Tabelle 5.4, Bauwerksalter 100 bis 200 Jahre,
- V3 – Vorschadensstufe 2 gemäß Tabelle 5.4, Bauwerksalter bis 100 Jahre,
- V4 – Vorschadensstufe 1 gemäß Tabelle 5.4, Bauwerksalter: 200 bis 500 Jahre,
- V5 – Vorschadensstufe 2 gemäß Tabelle 5.4, Bauwerksalter: 100 bis 200 Jahre,
- V6 – Vorschadensstufe 2 gemäß Tabelle 5.4, Bauwerksalter: 200 bis 500 Jahre.

Die zur Bewertung notwendigen Bodenbewegungswerte, d.h. Zerrungs- und Pressungswerte sowie die Schief lagenwerte sind auf Grund der gemessenen, bergbaubedingten Bodensenkungen berechnet worden.

Die Bodenbewegungen über einer Abbauvollfläche unterscheiden sich in lotrechten Elementen (Senkung, Schief lage, Krümmung) und in waagerechten Elementen (Verschiebung, Zerrung, Pressung) (Abb. 5.6).

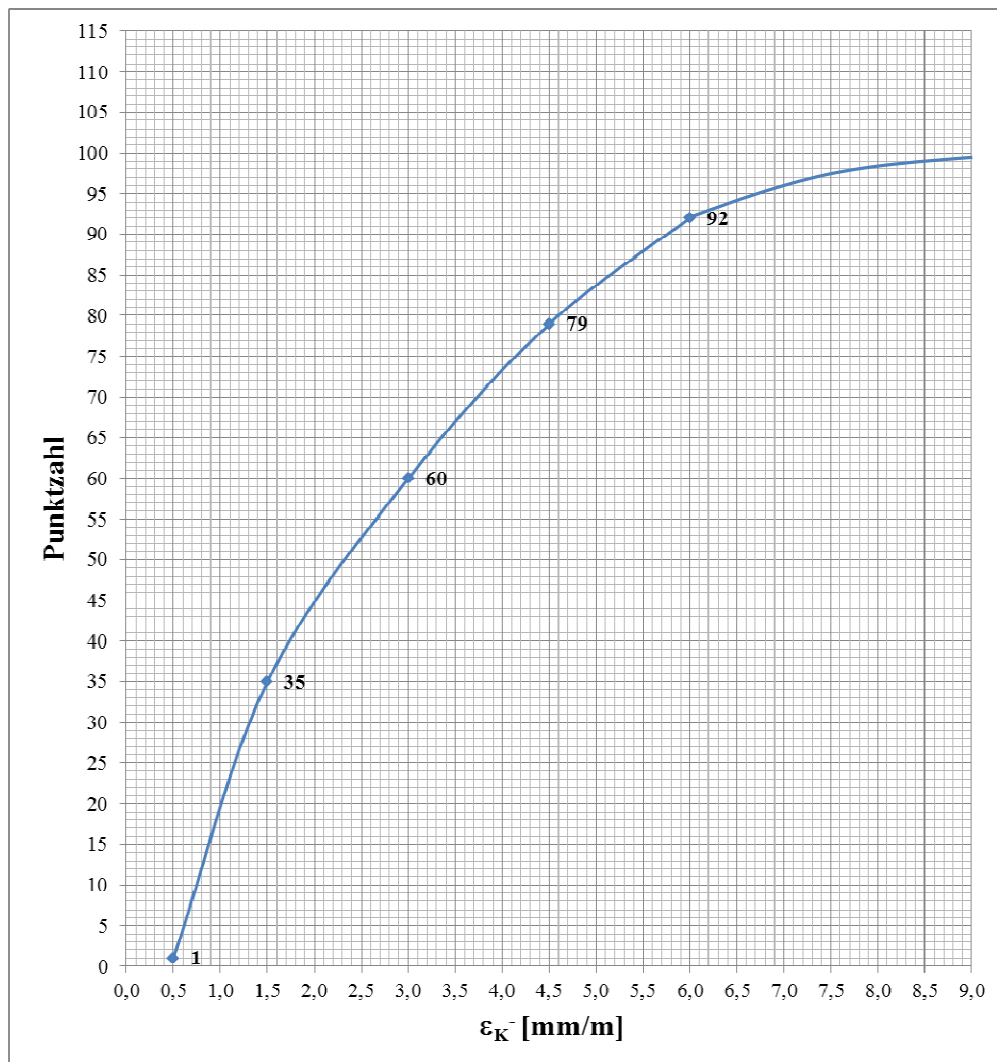


Abb. 5.4 Darstellung der Abhängigkeit zwischen der Punktzahl und der Verträglichkeit gegenüber den Pressungen von der Punktzahl, der Verträglichkeitskategorie und der Pressung

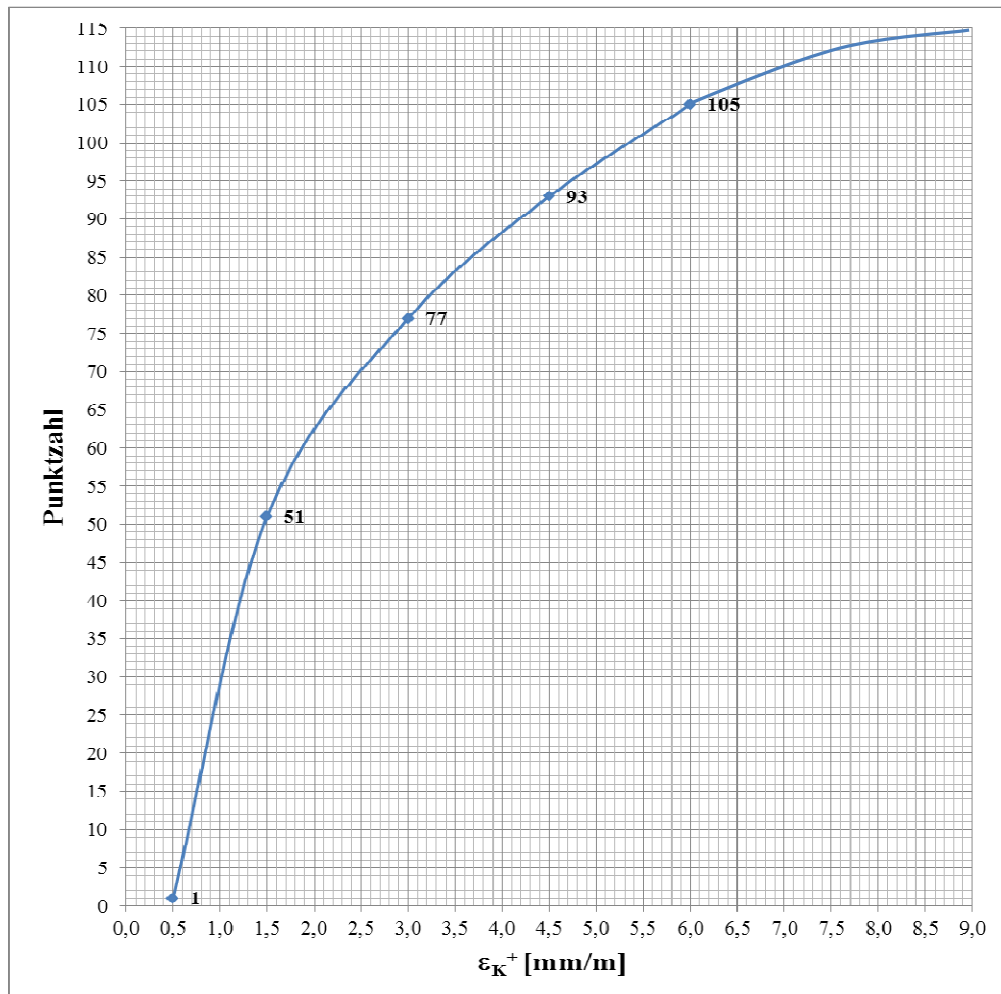


Abb. 5.5 Darstellung der Abhängigkeit zwischen der Punktzahl und der Verträglichkeit gegenüber den Zerrungen von der Punktzahl, der Verträglichkeitskategorie und der Zerrung

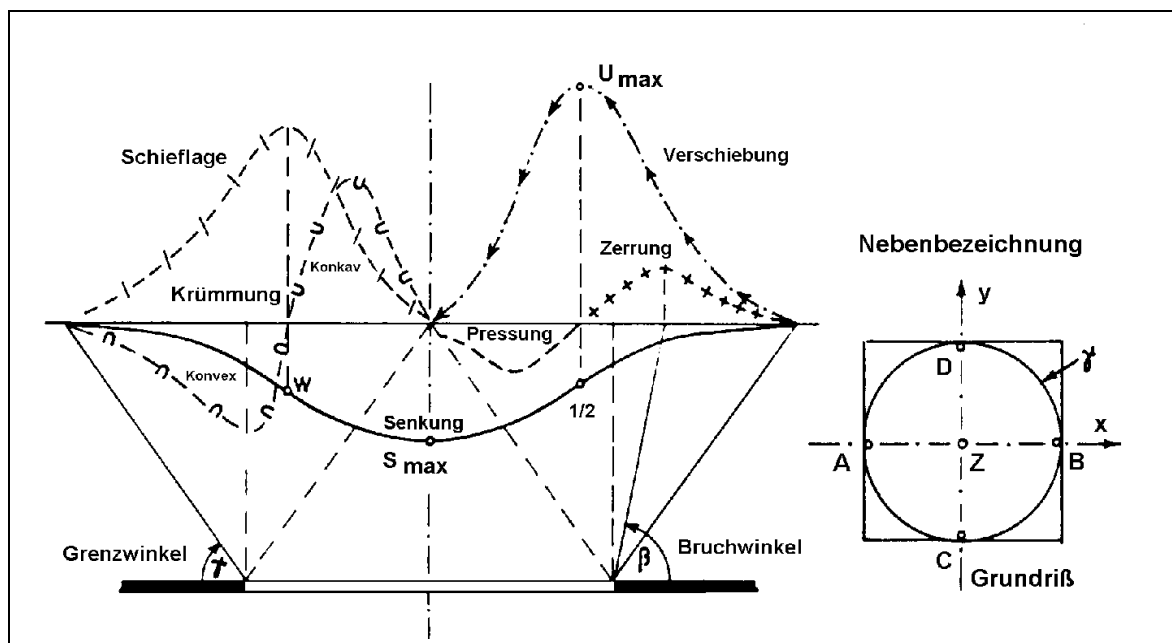


Abb. 5.6 Die Elemente der Bodenbewegung über einer Abbaufäche [63]

Die Auswirkungen dieser Elemente sind in Abbildung 5.7 dargestellt.

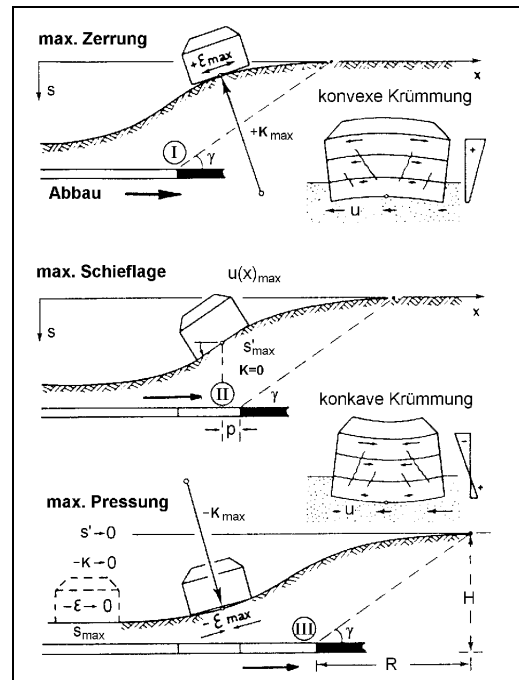


Abb. 5.7 Auswirkung der Bergbautätigkeit auf die bebaute Tagesoberfläche [63]

Die Bodenbewegungselemente lassen sich nach Abbildung 5.8 berechnen.

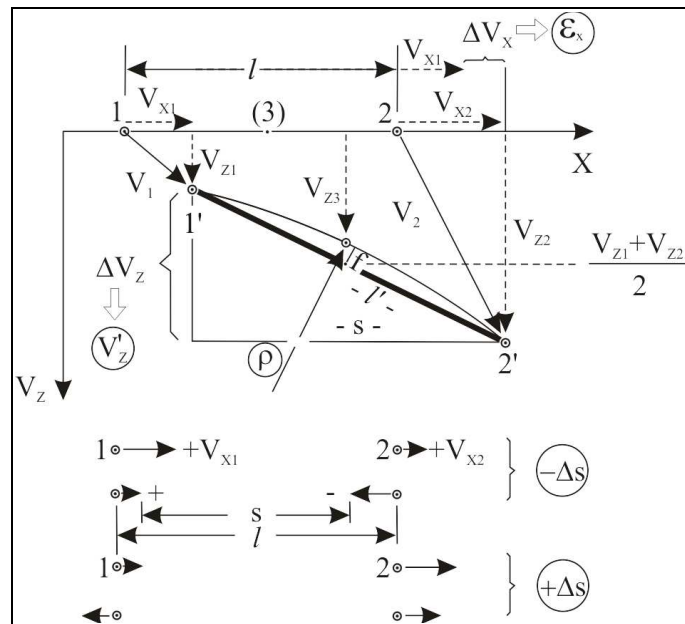


Abb. 5.8 Die Lageänderung der Punkte 1 und 2, dargestellt im Schnitt (oben) und Grundriss (unten) zusammen mit den daraus abgeleiteten Komponenten [63]

Aus der Zeit des aktiven Bergbaus bestehen oft die Isokatabasen-Karten (Linien gleicher Senkung). Davon ist die Schiefelage v_z' und Krümmung v_z'' für jede Seite der analysierten Gebäude wie folgt berechnet worden:

$$v'_z = \frac{v_{z1} - v_{z2}}{s}, \quad (5.2)$$

$$v''_z = \frac{1}{\rho_z}, \quad (5.3)$$

wobei

ρ_z – Krümmungsradius,

$$\rho_z \approx \frac{s^2}{2v_{z2} - v_{z1} - v_{z3}} \text{ (konkav)} \quad \approx \frac{s^2}{v_{z1} - 2v_{z2} + v_{z3}} \text{ (konvex)} \quad [63] \text{ sind.} \quad (5.4)$$

Zum Schluss sind die waagerechten Längenänderungen: Zerrungen $+\varepsilon$ oder Pressungen $-\varepsilon$ an Gebäuden abgeleitet worden:

$$\varepsilon = -B \cdot v''_z, \quad (5.5)$$

wobei

$$B = \frac{1}{3} \cdot H \cdot \cot \gamma, \quad (5.6)$$

mit:

H – die Abbauteufe,

γ – der Grenzwinkel [63].

Im Endergebnis der Berechnungen sind die maximalen Zerrungs- und Pressungswerte der betrachteten Gebäude abgeleitet worden.

Die oben genannte Berechnungsmethode ist in dem Fall anwendbar, wenn keine bekannten Abbaudaten, sondern nur die Isokatabasen-Karten vorhanden sind.

Die maximalen Werte der bergbaurelevanten Bodenbewegungselemente können auch bei bekannten Abbaudaten mittels des sog. Ruhrkohle-Verfahrens abgeschätzt werden. Die entsprechenden Formeln für die Vollfläche lauten wie folgt:

- maximale Schiefelage

$$T_{\max} = \sqrt{\frac{k}{\pi}} \cdot \frac{a \cdot M}{H} \cdot \tan \gamma = 1,211 \cdot \frac{a \cdot M}{H} \cdot \tan \gamma \left[\frac{\text{mm}}{\text{m}} \right] \quad (5.7)$$

- minimaler Krümmungsradius

$$R_{\min} = \frac{1}{k} \sqrt{\frac{\pi \cdot e}{2}} \cdot \frac{H^2}{a \cdot M} \cdot \tan^2 \gamma = 0,449 \cdot \frac{H^2}{a \cdot M} \cdot \tan^2 \gamma \text{ [km]} \quad (5.8)$$

- maximale horizontale Längenänderung

$$\varepsilon_{\max} = \pm \sqrt{\frac{k}{\pi \cdot e}} \cdot \frac{a \cdot M}{H} \cdot \tan \gamma = 0,734 \cdot \frac{a \cdot M}{H} \cdot \tan \gamma \left[\frac{\text{mm}}{\text{m}} \right] \quad (5.9)$$

Die hier verwendeten Kurzbezeichnungen haben die nachfolgenden Bedeutungen:

k – die Konstante des Ruhrkohle-Verfahrens ($k = -\ln 0.01$),

γ – der Grenzwinkel,

a – der sog. Absenkungs- bzw. Abbaufaktor,
M – die Flözmächtigkeit [mm] und
H – die Abbauteufe [m].

Die angegebenen Formeln gelten für den Abbau eines einzelnen Flözes.

Beim Abbau mehrerer Flöze ist die Kurzbezeichnung M als die Summe aller gebauten Mächtigkeiten und die Kurzbezeichnung H als gewichtete Teufenlage zu beachten. Die gewichtete Teufenlage wird mittels der Formel (5.10) berechnet.

$$\bar{H} = \frac{\sum H_i M_i}{\sum M_i} \quad (5.10)$$

Die berechneten waagerechten Längenänderungen geben durch den Vergleich mit den nach Pohl erstellten Verträglichkeitsgrößen einen Hinweis für den merkantilen Minderwert auf:

- den **erheblichen Substanzschaden (Faktor A1)** und
- den **erheblichen Eingriff in die Tragwerkskonstruktion (Faktor A2)**.

Zum Vergleich diene Tabelle 5.3.

			Verträglichkeit der Gebäude ε [mm/m]					
			0	I	II	III	IV	V
			$\leq 0,5$	$0,5 \div 1,5$	$1,5 \div 3,0$	$3,0 \div 4,5$	$4,5 \div 6,0$	$6,0 \div 9,0$
horizontale, relative Längenänderung ε [mm/m] nach DIN 21917 [26]	0	$\leq 0,5$						
	I	$0,5 \div 1,5$	A1					
	II	$1,5 \div 3,0$		A1				
	III	$3,0 \div 4,5$			A1			
	IV	$4,5 \div 6,0$				A1		
	V	$6,0 \div 9,0$					A1	

Tab. 5.3 Die Zuordnung der horizontalen Längenänderungen und der Verträglichkeit der Gebäude gegenüber bergbaulicher Einwirkungen für die Bestimmung des Faktors A1 und/oder des Faktors A2 [85]

Die Längenänderungen, die aufgrund der bergbaubedingten Bodensenkungen berechnet wurden, sind für jedes betrachtete Gebäude mit den Verträglichkeitswerten verglichen worden. Wenn die Längenänderungen an den Gebäuden eine Klasse höher als die eingeschätzte Verträglichkeit der Gebäude sind, wird angenommen, dass an den Gebäuden mit hoher Wahrscheinlichkeit erhebliche Substanzschäden (A1) aufgetreten sind. Zur genaueren Klassifizierung der Substanzschäden dienten auch (soweit vorhanden) die Schadenskataster-Angaben und die Tabelle 5.4 von Pohl [79].

Geringfügige, örtliche Oberflächenrisse in Wänden, Fußböden sowie im Bereich vorgeprägter Schwachstellen (Fenster, Türen o.ä.) (Stufe 1)	Gebrauchsfähigkeit
Systematische Risserscheinungen im Mauerwerk, z. T. in Wänden, Decken oder Fußböden durchgeprägt (Stufe 2)	

Tab. 5.4 Vorschädigungsgrad im Sinne der Gebrauchsfähigkeit [79]

Wenn die berechnete Längenänderung an Gebäuden zwei Klassen größer als die eingeschätzte Verträglichkeit der Gebäude ist, wurde angenommen, dass am Gebäude ein Bergschaden mit dem erheblichen Eingriff in die Tragwerkskonstruktion A2 entstand. Gemäß des Verbandes VBHG wird Gebäuden, deren Restnutzungsdauer unter 50 Jahren liegt, „vom Grundsatz her kein merkantiler Minderwert mehr beigemessen bzw. nicht mehr von dessen Entstehen ausgegangen. Im begründeten Einzelfall ist die Anerkennung eines Anspruchs in Anlehnung an die Werte der Anlage-Tabelle [Tabelle 4.1, Anm. d. Verf.] aber nicht ausgeschlossen.“ (Gesamt-Minderwertabkommen VBHG / RAG, 2001, S. 3). Die Restnutzungsdauer vieler betrachteter Gebäude liegt unter 50 Jahren. Aus dem Grund, dass die Tabelle 4.1 in gegenwärtiger Analyse nur als Hinweis dient, wurde die Tabelle 5.5 analog zu bestehenden Restnutzungsdauerkategorien auf zwei weitere Kategorien erweitert. Wenn das Alter des Gebäudes die Nutzungsdauer überschritten hat, wurde dem Objekt der niedrigste Schadensgrad zugeordnet.

	Faktor A1			Faktor A2
	erheblicher Substanzschaden			erheblicher Eingriff in die Tragwerkskonstruktion
	Zusammensetzung der Verträglichkeitsgrößen mit aufgetretenen Längenänderungen			
RND in Jahren	Schadensgrad in % des GW			Schadensgrad in % des GW
	Stufe 0	Stufe 1	Stufe 2	
≤29	0	1	2	2
30-49	1	2	3	3
50-69	2	3	4	4
70-79	3	4	5	5
80-89	4	5	6	6
90-99	5	6	7	7
Anmerkung zur Anwendung:				
<ul style="list-style-type: none"> • RND = Restnutzungsdauer (des Gebäudes) • GW = Gebäudewert 				

Tab. 5.5 Die Faktoren A1 und A2 zur Bestimmung der Schadensgrade des Gebäudewertes [85]

B. Nutzungserschwerfnis

Als Maß der Nutzungserschwerfnis wurde nach dem Gesamt-Minderwertabkommen VBHG / RAG (2001) die mittlere abbaubedingte Schiefelage und der daraus abgeleitete Gebäudeminderwert angenommen. Der sog. schiefelagebezogene Minderwert wird in einem Vomhundertsatz des Gebäudewertes ermittelt. Es wird erstmalig zwischen „Wohngebäuden und Gebäuden mit Wohncharakter“ und „Gebäuden anderer Art und Nutzung“ unterschieden (s. Kapitel 4.3.1).

Wenn die Schiefelage mehr als 30 mm/m bei Wohngebäuden oder 40 mm/m bei Gebäuden anderer Nutzung aufweist, wird als Maßnahme die Hebung oder der Einbau von Ausgleichselementen (Tab. 4.1) in der Analyse vorausgesetzt. Demzufolge nimmt der Korrekturfaktor des Gebäudewertes die Werte zwischen 1,3 und 1,6 an (Tab. 5.6).

Die Faktoren der Prognosen bergbaulicher Einwirkungen an Gebäuden lassen sich schließlich nach Tabelle 5.7 berechnen.

	Faktor A3					
	Nutzungserschwerenis					
	Schiefelagebezogener Minderwert					
	Wohngebäude				Gebäude anderer Art und Nutzung	
	Schiefelage von 2 bis 15 mm/m je 2mm/m = 1% GW	Schiefelage von 15 bis 25 mm/m je 1mm/m = 1,75% GW	Schiefelage von 25 mm/m je 1mm/m = 2,75% GW		Schiefelage von 5 bis 40 mm/m je 3-4 mm/m = 1% GW	
				ab 30 mm/m Hebung oder Ausgleichs- elemente	ab 40 mm/m Hebung oder Ausgleichs- elemente	
RND in Jah- ren	Schadensgrad in % des GW			Korrekturfak- tor	Schadensgrad in % des GW	Korrektur- faktor
≤29	bis 7,5	7,5 bis 25	ab 25	1,3-1,5	1,2 bis 13,3	1,3-1,5
30-49	bis 7,5	7,5 bis 25	ab 25	1,3-1,5	1,2 bis 13,3	1,3-1,5
50-69	bis 7,5	7,5 bis 25	ab 25	1,3-1,5	1,2 bis 13,3	1,3-1,5
70-79	bis 7,5	7,5 bis 25	ab 25	1,3-1,5	1,2 bis 13,3	1,3-1,5
80-89	bis 7,5	7,5 bis 25	ab 25	1,3-1,6	1,2 bis 13,3	1,3-1,6
90-99	bis 7,5	7,5 bis 25	ab 25	1,3-1,6	1,2 bis 13,3	1,3-1,6

Tab. 5.6 Faktor A3 – Nutzungserschwerenis [85]

	Faktor A1			Faktor A2	Faktor A3					
	erheblicher Substanzschaden			erheblicher Eingriff in die Tragwerkskonstruktion	Nutzungserschweris					
Zusammensetzung der Verträglichkeitsgrößen mit den aufgetretenen Längenänderungen					Schieflagebezogener Minderwert					
					Wohngebäude				Gebäude anderer Art und Nutzung	
					Schieflage von 2 bis 15 mm/m	Schieflage von 15 bis 25 mm/m	Schieflage von 25 mm/m		Schieflage von 5 bis 40 mm/m	
					je 2mm/m = 1% GW	je 1mm/m = 1,75% GW	je 1mm/m = 2,75% GW	ab 30 mm/m Hebung oder Ausgleichselemente	je 3-4 mm/m = 1% GW	ab 40 mm/m Hebung oder Ausgleichselemente
RND in Jahren	Schadensgrad in % des GW			Schadensgrad in % des GW	Schadensgrad in % des GW			Korrekturfaktor	Schadensgrad in % des GW	Korrekturfaktor
	Stufe 0	Stufe 1	Stufe 2							
≤29	0	1	2	2	bis 7,5	7,5 bis 25	25 bis 38,5	1,2-1,5	1,2 bis 13,3	1,2-1,5
30-49	1	2	3	3	bis 7,5	7,5 bis 25	25 bis 38,5	1,2-1,5	1,2 bis 13,3	1,2-1,5
50-69	2	3	4	4	bis 7,5	7,5 bis 25	25 bis 38,5	1,2-1,5	1,2 bis 13,3	1,2-1,5
70-79	3	4	5	5	bis 7,5	7,5 bis 25	25 bis 38,5	1,2-1,5	1,2 bis 13,3	1,2-1,5
80-89	4	5	6	6	bis 7,5	7,5 bis 25	25 bis 38,5	1,2-1,6	1,2 bis 13,3	1,2-1,6
90-99	5	6	7	7	bis 7,5	7,5 bis 25	25 bis 38,5	1,2-1,6	1,2 bis 13,3	1,2-1,6
Anmerkung zur Anwendung:										
<ul style="list-style-type: none"> RND = Restnutzungsdauer (des Gebäudes) GW = Gebäudewert 										

Tab. 5.7 Faktoren der Prognosen bergbaulicher Einwirkungen an Gebäuden [85]

❖ Bestimmung der Kategorien für die Fuzzy-Logik-Berechnung

In der Analyse sind Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser (Mietwohngebäude), Industriegebäude und gemischt genutzte Wohn- und Geschäftshäuser berücksichtigt, von denen die Gesamtnutzungsdauer nach der Wertermittlungsrichtlinie [21] wie folgt beträgt:

Einfamilienhäuser	60-100 Jahre
Mehrfamilienhäuser (Mietwohngebäude)	60-80 Jahre
Gemischt genutzte Wohn- und Geschäftshäuser	60-80 Jahre
Industriegebäude, Werkstätten, Lagergebäude	40-60 Jahre.

Gemäß Tabelle 5.7 sind die potenziellen maximalen Minderwerte wie folgt berechnet worden:

- Einfamilienhäuser

max. Faktor A1 = 7% des Gebäudewertes (GW)

max. Faktor A2 = 7% des Gebäudewertes (GW)

max. Faktor A3 = 38,5% des Gebäudewertes (GW) und Korrekturfaktor 1,6

$$(7\% \text{ GW} + 7\% \text{ GW} + 38,5\% \text{ GW}) \cdot 1,6 \approx 84\% \text{ GW} \quad (5.11)$$

- Mehrfamilienhäuser, Mietwohngebäude

max. Faktor A1 = 5% des Gebäudewertes (GW)

max. Faktor A2 = 6% des Gebäudewertes (GW)

max. Faktor A3 = 38,5% des Gebäudewertes (GW) und 1,5 Korrekturfaktor

$$(5\% \text{ GW} + 5\% \text{ GW} + 38,5\% \text{ GW}) \cdot 1,5 \approx 73\% \text{ GW} \quad (5.12)$$

- Gemischt genutzte Wohn- und Geschäftshäuser

max. Faktor A1 = 6% des Gebäudewertes (GW)

max. Faktor A2 = 6% des Gebäudewertes (GW)

max. Faktor A3 = 38,5% des Gebäudewertes (GW) und 1,5 Korrekturfaktor

$$(5\% \text{ GW} + 5\% \text{ GW} + 38,5\% \text{ GW}) \cdot 1,5 \approx 73\% \text{ GW} \quad (5.13)$$

- Industriegebäude, Werkstätten, Lagergebäude

max. Faktor A1 = 4% des Gebäudewertes (GW)

max. Faktor A2 = 4% des Gebäudewertes (GW)

max. Faktor A3 = 13,3% des Gebäudewertes (GW) und 1,5 Korrekturfaktor

$$(4\% \text{ GW} + 4\% \text{ GW} + 13,3\% \text{ GW}) \cdot 1,5 \approx 32\% \text{ GW} \quad (5.14)$$

Demnach beträgt der potenzielle maximale Minderwert entsprechend für:

Einfamilienhäuser	84 % des GW
Mehrfamilienhäuser, Mietwohngebäude	73 % des GW
Gemischt genutzte Wohn- und Geschäftshäuser	73 % des GW
Industriegebäude, Werkstätten, Lagergebäude	32 % des GW

Die pauschale Größe wird auf 100 Punkte umgerechnet, d. h.:

$$100\% \text{ des GW} = 100 \text{ Pkt.}$$

Die Kategorien bilden sich für die weitere Berechnung mittels Fuzzylogik wie folgt:

bergbauliche Einwirkungen	Einfamilienhäuser	Mehr- familienhäuser	gemischt genutzte Wohn- und Ge- schäftshäuser	Industriegebäude
groß	> 84 Pkt.	> 73 Pkt.	> 73 Pkt.	> 32 Pkt.
wenig	< 5 Pkt.	< 5 Pkt.	< 5 Pkt.	< 5 Pkt.

Abb. 5.9 Kategorien bergbaulicher Einwirkungen an Gebäuden [85]

5.4.2 Potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen

Die Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen müssen immer infolge geologischer Gutachten bestimmt werden. Die höchste Wahrscheinlichkeit für Vernässungen und unkontrollierte Grubenwasseraustritte liegt in den topographisch tiefsten Bereichen des Bergbau-reviers [32], die durch abbaubedingten Senkungen entstanden sind bzw. vertieft wurden. Diese werden begünstigt durch die ausgehende Tektonik und die abbauinduzierten unstetigen Bodenreaktionen.

Im Hinblick auf die Vernässungen wurden für die Analyse die Kategorien von nicht gefährdeten bis sehr gefährdeten Gebieten vorgesehen:

<div>sehr gefährlich</div> <div>nicht gefährlich</div>	niedrig	Gebiete mit ausgehender Tektonik und abbauinduzierten Unstetigkeitszonen
	Höhe	Gebiete mit ausgehender Tektonik oder abbauinduzierten Unstetigkeitszonen
		Gebiete mit linearen Unstetigkeiten und einzelnen Risse
	hoch	übrige Gebiete

Abb. 5.10 Kategorien der potenziellen Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen [32][85]

5.4.3 Sickerwassergefahr und bergbaubedingte Altlasten

Um die Sickerwassergefährdung einzuschätzen, ist die Analyse von Haldengebieten notwendig. Es wurden Wässer von Haldenaustritten und Brunnen der näheren Umgebung hinsichtlich folgender chemischer Elemente untersucht:

- Arsen (As),
- Nickel (Ni),
- Kupfer (Cu),
- Blei (Pb),
- Cadmium (Cd),
- Zink (Zn),
- Quecksilber (Hg),
- Nitrat,
- Sulfat,
- Eisen (Fe),
- Mangan (Mn),
- Chlorid,
- Natrium (Na),
- Uran (U).

Von Sickerwasser spricht man, wenn die Konzentration der oben genannten Elemente im Wasser die Grenzwerte überschreitet. Die Beurteilung der Grenzwertüberschreitungen erfolgte anhand der Prüfwerte nach der Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV) [15]. Die Haldenbeeinflussten Wässer sind zwar kein Trinkwasser, aber unter bestimmten Umständen, wie bei Ausfall der zentralen Wasserversorgung, könnten diese als Notversorgung betrachtet wer-

den. Außerdem ist die Nutzung des Sickerwassers zur Tiertränke und Gartenbewässerung weit verbreitet. Deswegen finden hier auch die Trinkwasserverordnung (TrinkwV) [18], die Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (AbwV) [17] und die Richtlinien für die Trinkwasserqualität (WHO) [104] ihre Anwendung.

In der Analyse sind jene Gebiete berücksichtigt, in welchen die chemischen Elemente die Grenzwerte der oben genannten Verordnungen um mehr als das Zweifache überschreiten.

Nach dem Ende des aktiven Bergbaus wurden die Halden unterschiedlich genutzt. Auf einigen Halden wurden Deponien für Siedlungs- und Industrieabfälle, auf anderen Kleingartenanlagen, Sportplätze, Lagerplätze oder Industrieanlagen angelegt. Deswegen werden die Gefährdungsbereiche hinsichtlich einer möglichen Nutzung anhand des Flächennutzungsplans analysiert. In Verbindung mit den Abflussrichtungen von Halden werden folgende Kategorien bestimmt:

sehr gefährlich	Gebiete mit großen Schadstoffkonzentrationen, aus denen das Wasser direkt Menschen, Tieren und Pflanzen dient
nicht gefährlich	Gebiete mit kleinen Schadstoffkonzentrationen, aus denen das Wasser nicht direkt Menschen, Tieren und Pflanzen dient

Abb. 5.11 Kategorien der Sickerwassergefahr [85]

5.5 Analyse der immobiliespezifischen Komponenten

5.5.1 Altlastenverdachtsflächengefahr - nicht bergbaubedingt

Der Wert der Immobilie ist sehr stark von möglichen Altlasten abhängig. Sobald im Boden giftige Stoffe festgestellt werden, sinkt der Wert des Grundstücks erheblich. Der Käufer übernimmt mit dem Grunderwerb auch die Verantwortung für dieses Grundstück. Er ist verpflichtet die Sanierungskosten zu übernehmen, auch im Falle der Unwissenheit über Altlasten [12]. Deshalb ist es wichtig, in der Immobilienwertermittlung auch den Altlastenverdacht zu berücksichtigen.

In die Analyse wurden die Altlastenverdachtsflächen vom zuständigen Landratsamt aufgenommen. Die Altlastenverdachtsflächen stehen mit der beabsichtigten baulichen Nutzung aus dem Flächennutzungsplan in Verbindung, und diese sind daher in Gefährdungsstufen eingeteilt. Die höchste Gefahr besteht auf jenen Flurstücken, auf welchen der Altlastenverdacht auf Wohngebieten, Freizeitgebieten (oder anderen Gebieten, die direkt vom Menschen genutzt werden) liegt. Die Gefahrstufe und die dafür zuständige Punktzahl sind in Abbildung 5.12 dargestellt.

Altlastenverdachtsflächen vs. bauliche Nutzung	
Gefahr	bauliche Nutzung [13]
sehr gefährlich > 12 Pkt.	<ul style="list-style-type: none"> • Allgemeine Wohngebiete • Kleinsiedlungsgebiete • Dorfgebiete • Landwirtschaft • Sondergebiete, die der Erholung dienen • Schule • Sondergebiete im Sinn des Naturschutzes • Grünflächen
< 3 Pkt. nicht gefährlich	<ul style="list-style-type: none"> • Mischgebiete • Forstwirtschaft • Sonstige Sondergebiete • Straßen • Bahnanlagen • Gewerbegebiete • Industriegebiete

Abb. 5.12 Kategorien der Altlastenverdachtsflächengefahr [85]

5.5.2 Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage

Für Investitionsentscheidungen spielt die Lage der Immobilie eine erhebliche Rolle. Die Nähe zu einem Zentrum ermöglicht den schnellen und leichten Zugang zu Dienstleistungen. Dazu müssen die Wohn- und Gewerbeimmobilien aber getrennt analysiert werden.

In Verbindung mit dem Flächennutzungsplan und der Karte über städtebauliche Nutzungsstrukturen wurden die Wohn- und Gewerbeimmobilien in Kategorien hinsichtlich ihrer Attraktivität unterteilt. Die Kategorien wurden auch mit Rücksicht auf die Baunutzungsverordnung (BauNVO) ausgewählt. Der Grundsatz der Analyse lautet:

Je günstiger die Lage der Immobilie ist, desto attraktiver ist die Immobilie und umso geringer ist das Investitionsrisiko.

Die Abbildungen 5.13 und 5.14 stellen die detaillierten, oben genannten Kriterien dar.

Wohnimmobilien

	Wohnimmobilien im Gebiet...
sehr attraktiv < 1,5 Pkt.	des Zentrums
	der städtischen Achsen, der Siedlungszentren, der allgemeinen Wohngebiete, Kleinsiedlungen, Dorfgebiete und Mischgebiete
	der übrigen allgemeinen Wohngebiete, Kleinsiedlungen, Dorfgebiete und Mischgebiete
> 5 Pkt. wenig attraktiv	der Gewerbegebiete und der Industriegebiete
	aller übrigen Gebiete

Abb. 5.13 Kategorien der Investitionsattraktivität hinsichtlich der Wohnimmobilien-Lage [85]

Gewerbeimmobilien

	Gewerbeimmobilien im Gebiet...
sehr attraktiv < 1,5 Pkt.	der Gewerbegebiete und der Industriegebiete in der Nähe des Zentrums
	von Gewerbegebieten und der Industriegebiete in der Nähe der städtischen Achsen
	der übrigen Gewerbegebiete und Industriegebiete und im Gebiet der Vorhalteflächen für die gewerbliche Nutzung
> 5 Pkt. wenig attraktiv	der Dorfgebiete und der Mischgebiete
	der allgemeinen Wohngebiete und der Kleinsiedlungen
	aller übrigen Gebiete

Abb. 5.14 Kategorien der Investitionsattraktivität hinsichtlich der Gewerbeimmobilien-Lage [85]

5.5.3 Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten

In der Immobilienwirtschaft ist auch die Anbindung an öffentliche Verkehrsmittel und Autobahnen für die Einwohner oder Besucher bzw. Kunden der Unternehmen in der Stadt sehr wichtig.

In der Analyse wurde die Entfernung von den Bus- und City-Bahnhaltestellen, der Autobahn und von den Hauptstraßen, die zu den Autobahnanschlussstellen führen, untersucht.

Der Grundsatz der Analyse lautet:

Je besser die Verkehrsanbindungsmöglichkeiten sind, desto attraktiver ist die Immobilie und umso geringer ist das Investitionsrisiko.

Diese Regel ist in Abbildung 5.15 dargestellt.

Entfernung von Verkehrsanbindungsmöglichkeiten
wenig attraktiv > 800 m
sehr attraktiv < 200m

Abb. 5.15 Kategorien der Attraktivität der Immobilien hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten [85]

5.6 Bestimmung des Risikoprämienbereiches

Um die potenzielle, maximale Risikoprämie p für die einzuschätzenden Immobilien zu bestimmen, wurde die Summenformel der Risikoprämien aus der Arbeit von K. Jajuga und P. Cegielski entnommen [52]. Die Gegenstände weiterer Überlegungen sind Basisimmobilien und analysierte Immobilien.

Basisimmobilien sind diejenigen Immobilien, deren Eigenschaften und Nutzung ähnlich den analysierten Immobilien sind und deren marktübliche Daten wie Miethöhe leicht verfügbar und vorhersehbar sind.

Analysierte Immobilien kennzeichnen sich, im Gegensatz zu Basisimmobilien, durch größere Spannen der Mieten, die wegen des höheren Investitionsrisikos differenziert werden. Je nach Möglichkeit sollen diese Miethöhen den Tatsachen entsprechen. Daraus werden ein durchschnittlicher Ertrag sowie eine voraussichtliche minimale Ertragsgrenze für die analysierte Investition festgelegt.

Aus der allgemeinen Formel wurde der Diskontzinsfuß wie folgt abgeleitet:

$$r_d = r + r_2 + p, \quad (5.15)$$

r – risikofreier Zinsfuß,

r_2 – Risikoprämie für die Investition (in ähnlichen Immobilien) und

p – Summe der zusätzlichen Risikoprämien.

In der Annahme, dass die Basisimmobilien gleich der ähnlicher Immobilien sind, ergibt sich der Diskontzinsfuß in folgender Form:

$$r_d = r + r_2 + p = r_b + p, \quad (5.16)$$

r_b – Basis-Diskontzinsfuß, der auf Grund der Basisimmobilien bestimmt wird

$$r_b = \frac{CF_b}{\text{Kaufpreis}} \cdot 100\%, \quad (5.17)$$

CF_b – durchschnittlicher Ertrag von Basisimmobilien.

Weiter wird die Summe der Risikoprämien vom durchschnittlichen Kaufpreis P_b der Basisimmobilien wie folgt abgeleitet:

$$P_b = \sum_{i=1}^n \frac{CF_{b_i}}{(1 + r_b)^i} \quad (5.18)$$

mit

n – Jahre der Basisinvestition.

Für den minimalen Ertrag CF_{\min} und die minimale Gewinnrate r_{\min} :

$$P_b = \sum_{i=1}^n \frac{CF_{b \min i}}{(1 + r_{d \min})^i}. \quad (5.19)$$

In der Annahme, dass

$$\sum_{j=1}^m \frac{CF_j}{(1 + r_d)^j} = \sum_{j=1}^m \frac{CF_{\min j}}{(1 + r_{d \min})^j} \quad (5.20)$$

und die Erträge im Investitionszeitraum (m , n) auf dem gleichen Niveau sind (CF_b , $CF_{b \min}$, CF , $CF_{\min} = \text{constant}$), dann

$$P_b = \sum_i^n \frac{CF_{b_i}}{(1 + r_b)^i} \approx \frac{CF_b}{r_b}, \quad (5.21)$$

$$P_b = \sum_i^n \frac{CF_{b \min}}{(1 + r_{d \min})^i} \approx \frac{CF_{b \min}}{r_{d \min}} \Rightarrow r_{\min} = \frac{CF_{b \min}}{P_b}, \quad (5.22)$$

$$\frac{CF}{r_d} = \frac{CF_{min}}{r_{min}} \Rightarrow r_d = \frac{CF \cdot r_{min}}{CF_{min}} \quad (5.23)$$

und dann

$$p = r_b \left(\left(\frac{CF}{CF_{min}} \right) \cdot \left(\frac{CF_{bmin}}{CF_b} \right) - 1 \right), \quad (5.24)$$

r_b – Basis-Diskontzinsfuß,
 CF – durchschnittlicher (in spe) Ertrag von analysierten Immobilien,
 CF_b – durchschnittlicher Ertrag von Basisimmobilien,
 CF_{min} – minimaler (in spe) Ertrag von analysierten Immobilien und
 CF_{bmin} – minimaler Ertrag von Basisimmobilien,

wobei:

$$CF = m \cdot 12 \cdot (1 - b), \quad (5.25)$$

m – Miete pro Monat €/m²,
 b – Bewirtschaftungskosten sind.

Nach Zusammenführen der Gleichungen 5.1, 5.16 und 5.24 folgt:

$$r_b + r_b \left(\left(\frac{CF}{CF_{min}} \right) \cdot \left(\frac{CF_{bmin}}{CF_b} \right) - 1 \right) = p + r. \quad (5.26)$$

Daraus erhält man die Risikoprämie:

$$p = r_b \cdot \left(\frac{CF}{CF_{min}} \right) \cdot \left(\frac{CF_{bmin}}{CF_b} \right) - r. \quad (5.27)$$

Im Endergebnis bekommt man einen Umfang der Risikoprämie, die ein Investitionsrisiko nur innerhalb eines bestimmten Standorts darstellt. Die Risikoprämie hängt hier direkt von dem Ertrag und der Miete von ähnlichen Immobilien ab, die in demselben Gebiet wie in dem untersuchten liegen.

Der große Vorteil der obigen Berechnung ist demzufolge die Bestimmung eines Risikozuschlags für den Diskontzinsfuß des konkreten Immobilienmarktes. Diese Berechnung ist besonders geeignet für die Wertermittlung von bergbaubeeinflussten Immobilien, bei denen viele spezifische Risiken berücksichtigt werden sollen.

6. Fuzzy-Logik

6.1 Vorbemerkung

In der gegenwärtigen Arbeit basiert die Immobilienanalyse auf der Fuzzy-Logik, die zur mehrwertigen Logik gehört. Es ist das Gegenteil zur klassischen Zweiwertigen Logik, in der nur scharfe Zustände, entweder 1 (Wahr) oder 0 (Falsch) eine Rolle spielen. Es ist üblich, dass in der klassischen Logik ein Element entweder *zu* einer scharfen Menge oder *nicht dazu* gehört. Die Fuzzy-Logik dagegen bietet eine Möglichkeit, die scharfe Menge aufzuspalten und dem Element eine Zugehörigkeit zur Menge zwischen 0 und 1 zuzuteilen. Von daher ist es möglich, schwache und starke Zugehörigkeiten zu einer Menge (Zustand) zum Ausdruck zu bringen [76]. Aus diesem Grund ist manchmal Fuzzy-Logik als *unscharfe Menge* definiert. Der anschauliche Unterschied zwischen klassischer, zweiwertiger Logik und mehrwertiger Fuzzy-Logik ist in den Abbildungen 6.1 und 6.2 dargestellt.

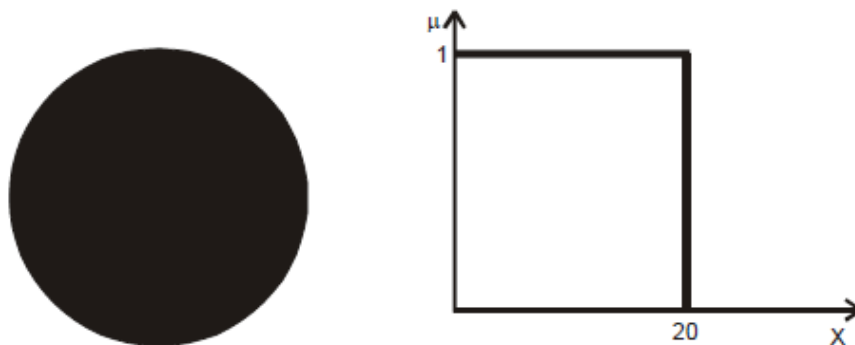


Abb. 6.1 Beispiel der Menge und der Zugehörigkeitsfunktion der klassischen Logik [80]

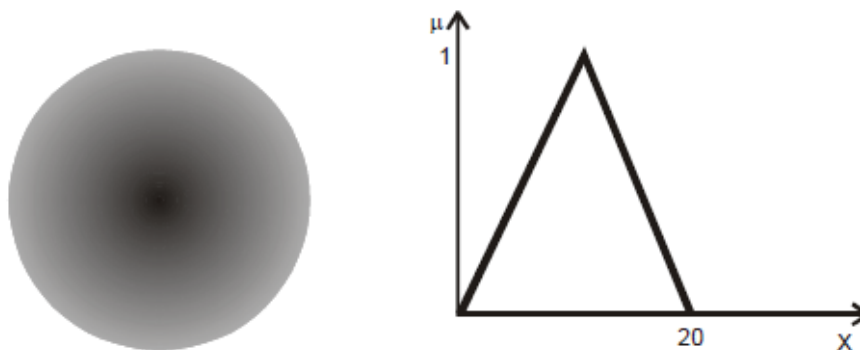


Abb. 6.2 Beispiel der Menge und der Zugehörigkeitsfunktion der Fuzzy-Logik [80]

Fuzzy-Logik benutzt jeder für den Alltag, um irgendwelche Sachverhalte oder Prozesse zu beschreiben, die sehr subjektiv beurteilt werden. Als Beispiel kann hier die Temperatur dienen. Im alltäglichen Gespräch benutzen wir oft solche Begriffe wie „kühl“ oder „heiß“. Es ist dabei schwer, eindeutig zu klären, bei welcher Temperatur es „kühl“ oder „heiß“ ist, weil es sehr relativ und von vielen verschiedenen Umständen abhängig ist. Mittels Fuzzy-Logik kann man dazu folgende linguistische Variable „Temperatur“ bilden:

x – Temperatur: Name der linguistischen Variable,
 X – Temperaturintervall $[-20, +40]$ °C,
 $\{\text{Frost, Kälte, Kühle, Wärme, Hitze}\}$ – Werte der linguistischen Variable,

wobei:

- die Temperatur $[-20, 0]$ °C bedeutet Frost,
- die Temperatur $[-5, 10]$ °C bedeutet Kälte,
- die Temperatur $[5, 20]$ °C bedeutet Kühle,
- die Temperatur $[15, 30]$ °C bedeutet Wärme,
- die Temperatur $[25, 40]$ °C bedeutet Hitze sind.

Vorausgesetzt, dass die Zugehörigkeitsfunktionen zwischen Frost und Hitze mit oben genannten Parametern trapezförmig sind, stellt sich die Fuzzy-Funktion in Abbildung 6.3 folgendermaßen dar:

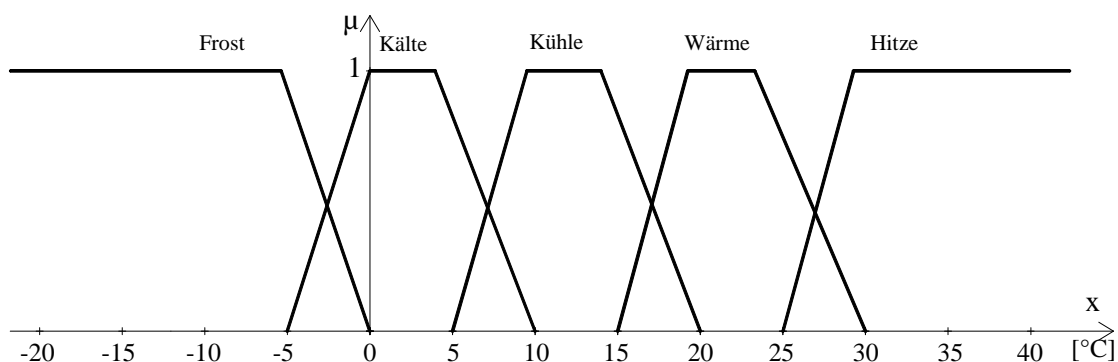


Abb. 6.3 Zugehörigkeitsfunktionen für die linguistische Variable „Temperatur“ [2]

Somit wird deutlich, dass eine Variable x gleichzeitig zu mehreren unscharfen Mengen mit verschiedenen Zugehörigkeitsgraden gehören kann. Zum Beispiel gehört die Temperatur 18°C zu:

- „Kühle“ mit 0,4 Zugehörigkeitsgrad,
- und zu
- „Wärme“ mit 0,6 Zugehörigkeitsgrad.

Der Prozess, in dem die Werte der linguistischen Variablen und die Zugehörigkeitsgrade festgelegt worden sind, nennt sich *Fuzzifizierung* [2].

Die Fuzzy-Logik findet oft Anwendung bei der verbalen Beschreibung eines Problems und wenn keine mathematische Beschreibung möglich ist. Außerdem bietet sich die Fuzzy-Logik in verschiedenen Analysen an, in denen die vorhandenen Informationen fehlen oder schon zu alt sind. Eine Verwendung des *Fuzzy-Sets* berücksichtigt auch Unsicherheiten, die aufgrund der subjektiven Beurteilung eines Problems sowie durch unzureichende Erfahrungen oder Wissen von Experten möglich sind.

Die *Fuzzy-Set-Theorie* wurde von Prof. Lofti A. Zadeh im Jahr 1965 an der Universität Berkeley in den USA entwickelt und findet heutzutage Anwendung in solchen Bereichen wie z. B. Prozessleittechnik, Industrieautomatisierung, KFZ- und Medizintechnik und in vielen anderen Bereichen [1].

6.2 Etappen der Fuzzy-Regelung

Eine Fuzzy-Menge A im Raum X ist eine Menge von Paaren

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & x \in A, \\ 0 & x \notin A. \end{cases} \quad (6.1)$$

$$A = \{(x, \mu_A(x)); x \in X\}, \text{ wobei } \mu_A : X \in [0,1] \quad (6.2)$$

Fuzzy-Regelungen basieren auf drei Etappen:

- Fuzzifizierung,
- Fuzzy-Interferenz und
- Defuzzifizierung,

die in Abbildung 6.4 gezeigt sind.

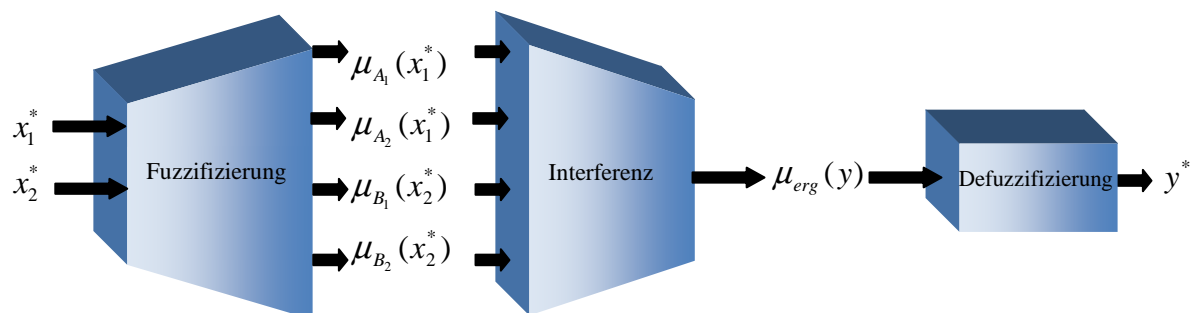


Abb. 6.4 Etappen der Fuzzy-Regelung [70]

6.2.1 Fuzzifizierung

Unter der Fuzzifizierung versteht man eine Zuordnung der linguistischen Variablen zu einem Zugehörigkeitsgrad $(\mu_{A_1}(x_1^*), \mu_{A_2}(x_1^*))$ zwischen 0 und 1, was in Abbildung 6.5 schematisch dargestellt wird.

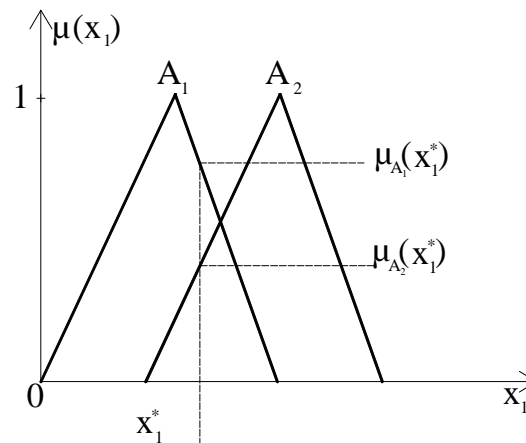


Abb. 6.5 Fuzzifizierung [80]

Die Zuordnungsform hängt von der Wahl der Zugehörigkeitsfunktionen ab. Die einfachsten Formen sind sogenannte Dreiecks- und Trapezfunktionen, weil die auf der unkomplizierten Parametrisierung des Berechnungsprozesses basieren. Die zwei Funktionen kommen zum Einsatz, wenn in der Analyse viele Daten fehlen. Der große Vorteil solcher symmetrischer Funktionen ist auch, dass die Summe aller Zugehörigkeitsgrade des Elements x gleich 1 ist. Für die Parametrisierung der anderen Funktionen, wie zum Beispiel S-, Z- und Gauss-Form, sind mehrere Informationen oder Gutachten von Experten notwendig.

- **Dreiecksfunktion**

$$f_{\text{Dreieck}}(x, a, b, c) = \left\{ \begin{array}{ll} 0, & x \leq a \vee x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x < c \end{array} \right\} \quad (6.3)$$

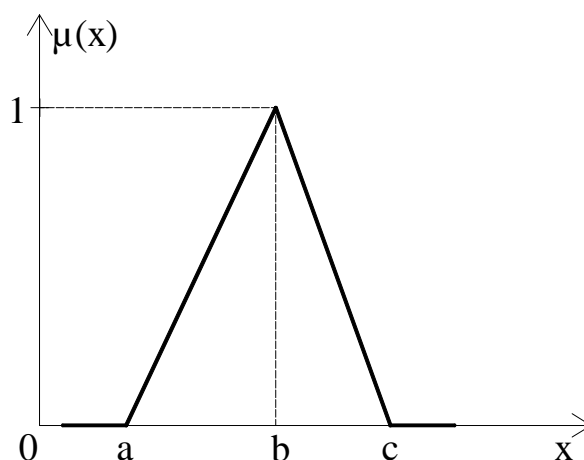


Abb. 6.6 Dreiecksfunktion [65]

- Trapezfunktion

$$f_{Trapez}(x, a, b, c, d) = \left\{ \begin{array}{ll} 0, & x \leq a \vee x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ 1 & b < x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c < x < d \end{array} \right\} \quad (6.4)$$

[65]

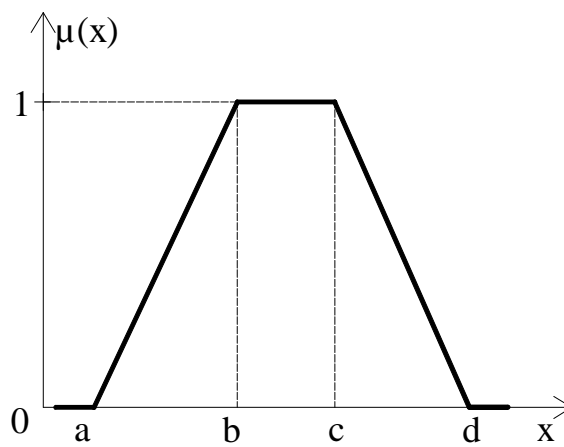


Abb. 6.7 Trapezfunktion [65]

- S - Funktion, Z - Funktion

Die S- und Z- Funktionen sind manchmal für bestimmte Anwendungszwecke besser geeignet als die oben genannten einfachen Formen. Der Nachteil dabei ist die aufwendigere Berechnung der Zugehörigkeiten.

$$S(x, a, b) = \left\{ \begin{array}{ll} 0, & x \leq a \\ 2 \cdot \left(\frac{x-a}{b-a} \right)^2, & a < x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1 - 2 \cdot \left(\frac{x-b}{b-a} \right)^2, & \frac{a+b}{2} < x \leq b \\ 1, & x \geq b \end{array} \right\} \quad (6.5)$$

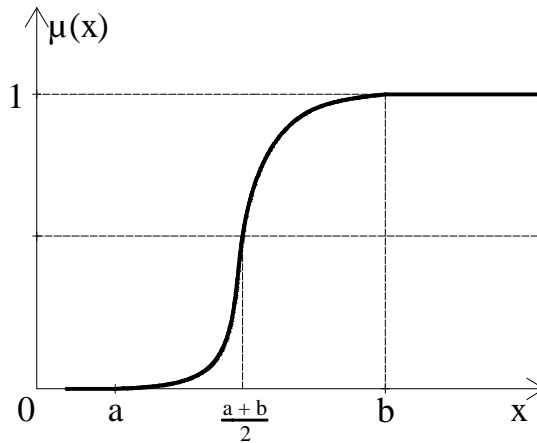


Abb. 6.8 S - Funktion [65]

Die Z - Funktion wird manchmal als Ergänzung der S - Funktion berechnet.

$$Z(x, a, b) = \left\{ \begin{array}{ll} 0, & x \leq a \\ 1 - 2 \cdot \left(\frac{x-a}{b-a} \right)^2, & a < x \leq \frac{a+b}{2} \\ 2 \cdot \left(\frac{x-a}{b-a} \right)^2, & \frac{a+b}{2} < x \leq b \\ 1, & x \geq b \end{array} \right\} \quad (6.6)$$

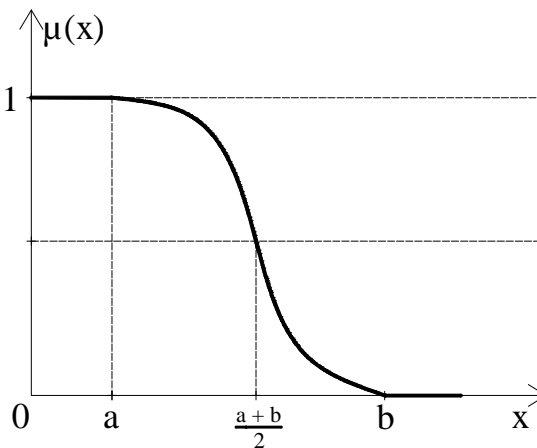


Abb. 6.9 Z - Funktion [65]

• Gauss - Funktion

Die Gauss - Funktion lässt sich als eine Zusammensetzung der Funktionen aus Z- und S-Funktion ableiten. Nachteilig sind demzufolge auch die aufwendigeren Berechnungen.

$$\pi(x, a, b) = \begin{cases} S\left(x, a - \frac{b}{2}, \frac{b}{2}\right), & x < a \\ Z\left(x, a + \frac{b}{2}, \frac{b}{2}\right), & x \geq a \end{cases} \quad (6.7)$$

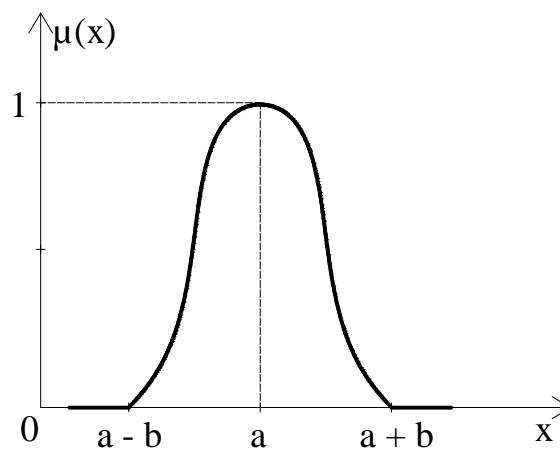


Abb. 6.10 Gauss – Funktion [76]

6.2.2 Fuzzy-Interferenz

Die Interferenz spielt eine große Rolle in der Fuzzy-Regelung, weil sie aus gegebenen Fakten und Regeln Schlüsse zieht. Die Aufgabe dabei besteht darin, mehrere Zugehörigkeitsfunktionen zu verknüpfen. Dies erfolgt durch Formulierung von Regeln zur Behandlung der fuzzifizierten Eingangsinformationen. Die Regeln werden mit Hilfe der Fuzzy-Interferenz in der Form „wenn ..., dann ...“ formuliert.

Die Fuzzy-Interferenz besteht aus folgenden Komponenten:

- Aggregation,
- Implikation und
- Akkumulation.

Aggregation

Die Aggregation ist die Berechnung des oben genannten „wenn“-Teils der Regeln und ermittelt den Erfülltheitsgrad jeder Regel.

Darauf anwendbar sind die Operationen Durchschnitt, Vereinigung und Komplement, die eine Verallgemeinerung der traditionellen booleschen Operatoren sind.

Die am häufigsten genutzten Operatoren sind die:

$$\text{UND Operatoren} \quad \forall_{x \in X} \quad \mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)), \quad (6.8)$$

$$\text{die ODER Operatoren und} \quad \forall_{x \in X} \quad \mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)), \quad (6.9)$$

$$\text{die NICHT Operatoren} \quad \forall_{x \in X} \quad \mu_{A^c}(x) = 1 - \mu_A(x). \quad (6.10)$$

Die Durchschnitts-Operation (UND) wird meistens mittels T-Norm durchgeführt, die folgende Bedingungen erfüllt:

$$T(T(a, b), c) = T(a, T(b, c)) \quad \text{Assoziativität} \quad (6.11)$$

$$T(a, b) = T(b, a) \quad \text{Kommutativität} \quad (6.12)$$

$$T(a, b) \leq T(a, c) \text{ für } b \leq c \quad \text{Monotonie [42]} \quad (6.13)$$

$$T(a, 1) = a \quad \text{Randbedingung} \quad (6.14)$$

Die Grundformeln der T-Norm sind in Tabelle 6.1 dargestellt.

Name des Operators	Formel
Minimum (MIN)	$\mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)]$
Algebraisches Produkt (PROD)	$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(x)$
Hamacher Produkt	$\mu_{A \cap B}(x) = \frac{\mu_A(x) \cdot \mu_B(x)}{\mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \cdot \mu_B(x)}$
Einstein Produkt	$\mu_{A \cap B}(x) = \frac{\mu_A(x) \cdot \mu_B(x)}{2 - (\mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \cdot \mu_B(x))}$
Drastisches Produkt	$\mu_{A \cap B}(x) = \begin{cases} \min[\mu_A(x), \mu_B(x)] & \text{für } \max[\mu_A(x), \mu_B(x)] = 1, \\ 0 & \text{außerdem} \end{cases}$
Begrenzte Differenz	$\mu_{A \cap B}(x) = \max[0, \mu_A(x) + \mu_B(x) - 1]$

Tab. 6.1 Die Grundformeln der T-Norm [88]

Der Operator MIN war der erste der oben genannten Operatoren, der die Durchschnitts-Operation beschrieben hat. Die Anwendung des MIN-Operators hat viele Nachteile wie nied-

rige Genauigkeit des Fuzzy-Modells sowie Ansprechempfindlichkeit und heftige Änderungen in der Ausgangsphase aus dem Fuzzy-Modell. Außerdem wird mittels MIN-Operator nur der niedrigste Zugehörigkeitsgrad berücksichtigt und dadurch gehen auch viele wichtige Informationen verloren [70].

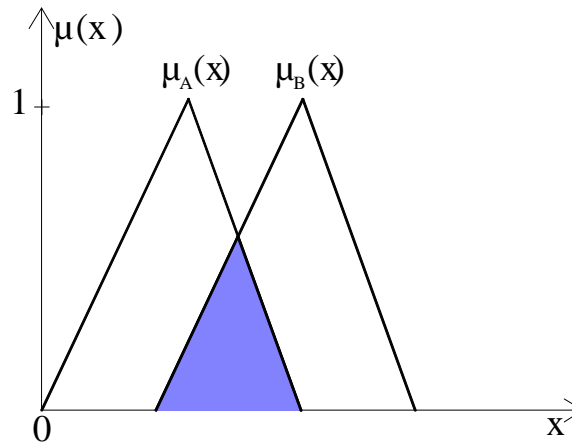


Abb. 6.11 MIN-Operator - Verknüpfung zweier Fuzzy-Sets [71]

Der häufigste genutzte Operator ist PROD (algebraisches Produkt). Der größte Vorteil dabei ist, dass die Zugehörigkeitsgrade beider Mengen berücksichtigt sind [70].

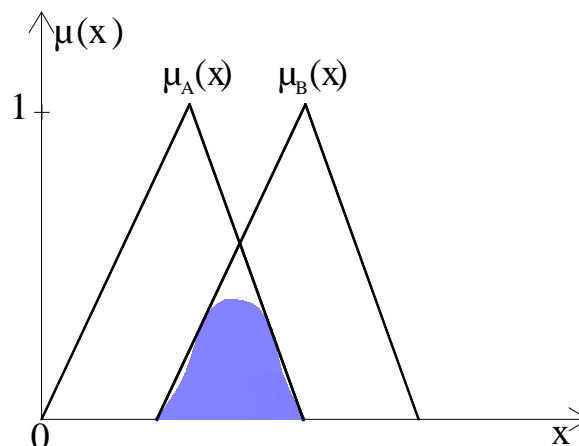


Abb. 6.12 PROD-Operator - Verknüpfung zweier Fuzzy-Sets [71]

In der Vereinigungs - Operation (ODER) kommt die S-Norm zum Einsatz, die durch folgende Eigenschaften gekennzeichnet ist:

$$S(S(a, b), c) = S(a, S(b, c)) \quad \text{Assoziativität} \quad (6.15)$$

$$S(a, b) = S(b, a) \quad \text{Kommutativität} \quad (6.16)$$

$$S(a, b) \leq S(a, c) \text{ für } b \leq c \quad \text{Monotonie [42]} \quad (6.17)$$

$$S(a, 0) = a \quad \text{Randbedingung} \quad (6.18)$$

und deren Grundformeln in Tabelle 6.2 gezeigt werden.

Name des Operators	Formel
Maximum (MAX)	$\mu_{A \cup B}(x) = \text{MAX} [\mu_A(x), \mu_B(x)]$
Algebraische Summe (PROBOR)	$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \cdot \mu_B(x)$
Hamacher Summe	$\mu_{A \cup B}(x) = \frac{\mu_A(x) + \mu_B(x) - 2\mu_A(x) \cdot \mu_B(x)}{1 - \mu_A(x) \cdot \mu_B(x)}$
Einstein Summe	$\mu_{A \cup B}(x) = \frac{\mu_A(x) + \mu_B(x)}{1 + \mu_A(x) \cdot \mu_B(x)}$
Drastische Summe	$\mu_{A \cup B}(x) = \begin{cases} \text{MAX} [\mu_A(x), \mu_B(x)] & \text{für } \text{MIN} [\mu_A(x), \mu_B(x)] = 0, \\ 1 & \text{außerdem} \end{cases}$
Begrenzte Summe	$\mu_{A \cup B}(x) = \text{MIN} [1, \mu_A(x) + \mu_B(x)]$

Tab. 6.2 Die Grundformeln der S-Norm [88]

Zur Anwendung kommen oft die MAX-Operation und die algebraische Summe (PROBOR), die folgende Formen annehmen:

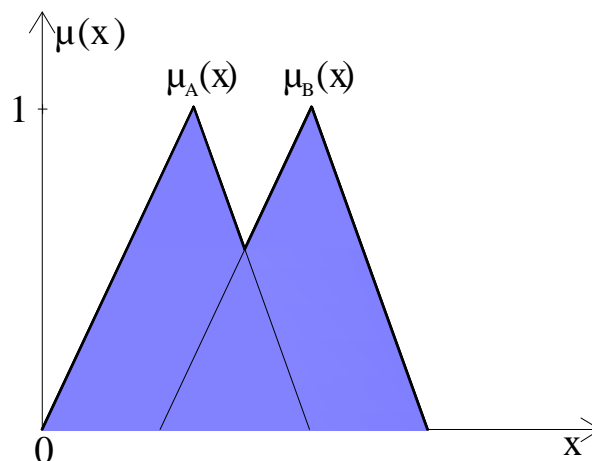


Abb. 6.13 MAX-Operator - Verknüpfung zweier Fuzzy-Sets [70]

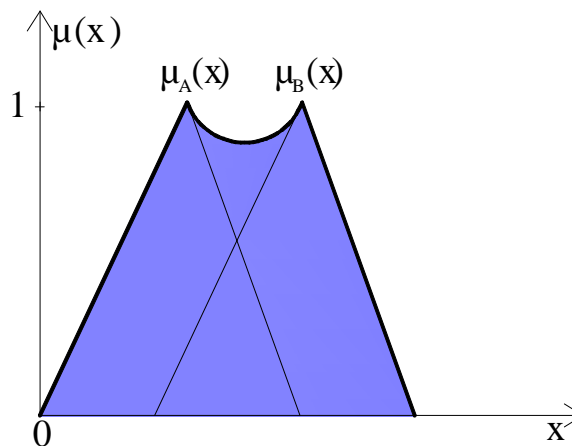


Abb. 6.14 PROBOR-Operator - Verknüpfung zweier Fuzzy-Sets [70]

Implikation

Die Implikation ist die Berechnung des „dann“- Teils der Regeln. Es ist die Übertragung des durch Aggregation ermittelten Erfüllungtheitsgrades einer Fuzzy-Regel auf das Output-Fuzzy-Set der Schlussfolgerung der Regel. Die häufigsten genutzten Operatoren sind:

MIN (Mamdani-Operator)

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \min[\mu_A(x), \mu_B(y)], \quad (6.19)$$

SUM

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \begin{cases} \mu_A(x) & \text{wenn } \mu_A(x) \leq \mu_B(y) \wedge \mu_A(x) - \varphi > 0 \\ 0 & \text{wenn } \mu_A(x) \leq \mu_B(y) \wedge \mu_A(x) - \varphi \leq 0 \end{cases} \quad (6.20)$$

und

PROD

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(y) [70]. \quad (6.21)$$

Der Gegensatz zum Mamdani-Operator ist der Takagi-Sugeno-Regler. Eine Rolle dabei spielen anstatt unscharfer Mengen die Funktionen der Eingangsgrößen. Die Funktionswerte sind mit den Erfüllungsgraden der Regeln gewichtet. Aufgrund der scharfen Größe im Ergebnis ist hier keine Defuzzifizierung notwendig.

Eine Schlüsselaufgabe in der Implikation ist die Auswahl eines solchen Operators, mit dem das Fuzzy-Modell die höchste Genauigkeit aufweist. Demnach wird häufig der entsprechende Operator mittels „Versuch- und Irrtum-Methode“ gesucht.

Akkumulation

Im letzten Schritt der Fuzzy-Interferenz muss man alle Implikationsergebnisse zu einer Fuzzy-Menge $\mu_{erg}(y)$ zusammenfügen. In der Regel wird dazu der Maximum-Operator verwendet.

Die Fuzzy-Interferenz wird oft als MAX-MIN-Interferenz oder MAX-PROD-Interferenz bezeichnet. Wenn für die Akkumulation der MAX-Operator und für die Implikation der MIN-Operator angewandt wird, wird es als eine MAX-MIN-Interferenz gekennzeichnet. Wenn für die Akkumulation der MAX-Operator und für die Implikation der PROD-Operator angewandt wird, spricht man von einer MAX-PROD-Interferenz [62] [71].

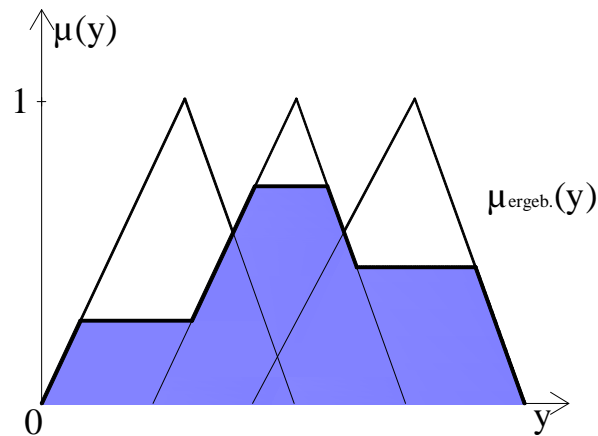


Abb. 6.15 Ergebnis der Fuzzy-Interferenz

6.2.3 Defuzzifizierung

Am Ende der Fuzzy-Regelung erhält man von der resultierenden Fuzzy-Menge (von der Interferenz) $\mu_{erg}(y)$ eine scharfe Ausgangsgröße y^* . Die so genannte Defuzzifizierung wird in der Regel mittels folgender Methoden durchgeführt:

- **Mittelwert-Maximum-Methode (Middle of Maxima, MoM)**

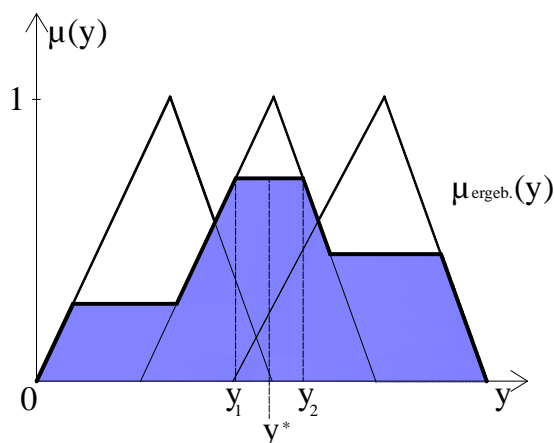


Abb. 6.16 Mittelwert-Maximum-Methode

- **Erste Maximum-Methode (First of Maxima, FoM)**

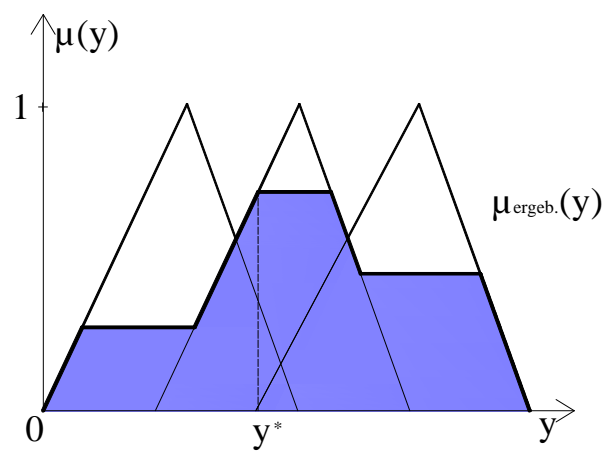


Abb. 6.17 Erste Maximum-Methode

- **Letzte Maximum-Methode (Last of Maxima, LoM)**

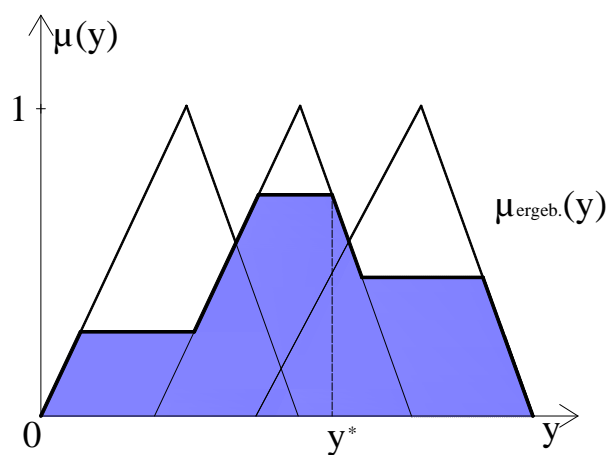


Abb. 6.18 Letzte Maximum-Methode

- Flächenschwerpunkt-Methode (Center of Gravity, CoG)

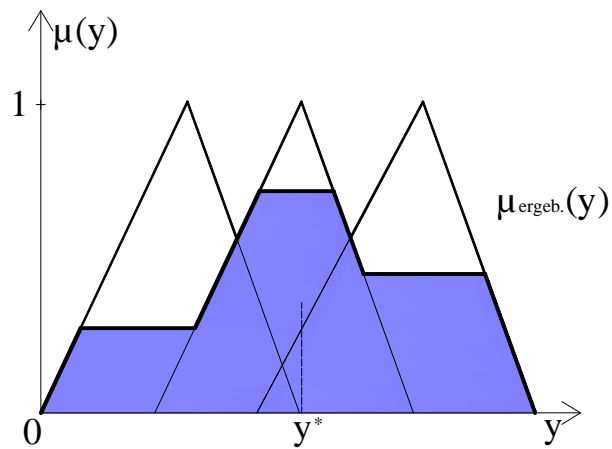


Abb. 6.19 Flächenschwerpunkt-Methode

Die Schwerpunkt-Methode ist das meistverwendete Verfahren. Während alle anderen Methoden sich durch den geringen Aufwand und geringere Genauigkeit kennzeichnen, ist die Schwerpunkt-Methode ein sehr aufwändiges, aber auch hoch genaues Verfahren.

7. Darstellung des Untersuchungsgebietes

7.1 Einleitung

Die Stadt Oelsnitz/Erzgeb. liegt im südlichen Teil des Erzgebirgsbeckens zwischen Zwickau der Stadt Stollberg/Erzgeb. Als ein Teil des Lugau-Oelsnitzer Reviers gehört Oelsnitz/Erzgeb. zu einem erschöpften Steinkohle-Bergbaugebiet (s. Abb. 7.1). Der Ort liegt am Hegebach, und seine mittlere Höhenlage beträgt 400 m.

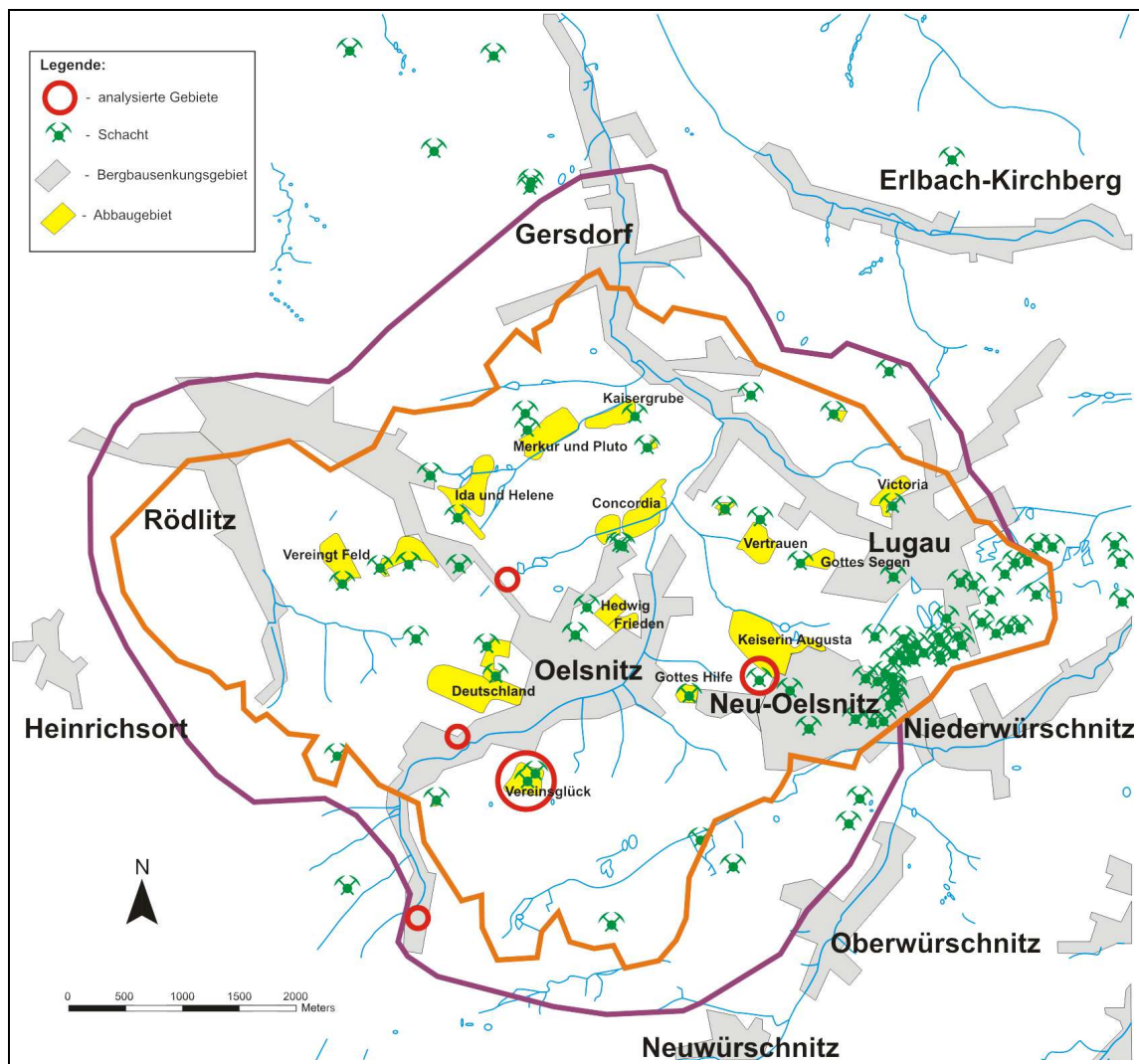


Abb. 7.1 Bergbaugebiet von Lugau-Oelsnitz [81] mit eigener Darstellung

Von 1844 bis 1971 wurde in Oelsnitz/Erzgeb. Steinkohle gefördert. Dadurch entstanden im Ortsbereich eine Vielzahl von Schachtanlagen, Kohleaufbereitungs- und Transporteinrichtungen sowie Abraumhalden. Oelsnitz ist eine durch den Bergbau sehr stark geprägte Stadt. Der Kohleabbau verursachte stellenweise mehr als 17 m Senkungen und Deformationen der Erdoberfläche. Es folgten katastrophale Schäden an Bauwerken und der Infrastruktur sowie Vernässungen an der Oberfläche. Da es im zentralen Bereich der Stadt zu Störungen der Vor-

flut mit erheblichen Überschwemmungen kam, wurden dauerhafte Maßnahmen zur Regulierung des Oberflächenwasserabflusses notwendig [23].

Noch heute sind die Bergbaufolgen in Oelsnitz bemerkbar. Nach Einstellung des Bergbaus kam die Flutung der Grubengebäude. Außerdem sind die dauerhaften Bewegungen der Erdoberfläche sowie die Auswirkungen des Abbaus an Gebäuden nicht abgeschlossen. Einschließlich des Bevölkerungsrückgangs beeinflusst es negativ die Stadtentwicklung. Demzufolge steht Oelsnitz heutzutage vor der Aufgabe, das Image und die Attraktivität der Stadt zu verbessern.

7.2 Geologie und Bergbau

Die Steinkohlelagerstätten von Lugau-Oelsnitz liegen im südwestlichen Teil des Erzgebirgischen Beckens. Diese Großmulde ist im Unterkarbon, im Oberkarbon und im Rotliegenden mit Abtragungsmassen ausgefüllt worden. Infolge der karbonischen Ablagerungen im Oberkarbon entstanden die abbauwürdigen Steinkohleflöze, welche das Ziel von 127 Jahren bergmännischer Gewinnung waren [7].

Oelsnitz/Erzgeb. liegt in einer tektonisch aktiven Zone. Aufgrund der heftigen Zerrungskräfte wurde die ursprüngliche Landoberfläche um etwa 8 bis 9 % gedehnt. Damit entstanden in Richtung SE-NW streichende Verwerfungen mit Sprunghöhen, die sogar 350 m erreichen.

Im Jahre 1831 entdeckte der Forstbeamte Friedrich Heinrich Wai die erste Steinkohle unmittelbar an der Erdoberfläche. Im Januar 1844 förderte der Zwickauer Bergfaktor Karl Gottlob Wolf die erste Kohle aus einer Tiefe von 9 Metern, womit die Geschichte des Steinkohlereviers begann [47]. In Oelsnitz teufte man zwischen 1850 und 1870 den Hedwig-Schacht und in 1871/1872 die Schächte Kaiserin Augusta, Deutschland I und II, Vereinsglück I und II sowie Concordia I und II. Im Zeitraum von 127 Jahren wurden insgesamt 142 Millionen Tonnen Steinkohle im Lugau-Oelsnitzer Revier bis zu 1000 Metern Tiefe abgebaut. Am 31.03.1971 wurde die Förderung wegen Erschöpfung der Lagerstätte eingestellt. Dann wurden die Schachtanlagen teilweise gesprengt und in die Schachtröhren gestürzt. Bis 1975 dauerten die Verwahrungsarbeiten an [81] [98].

Der Abbau hinterließ bergmännische Hohlräume, die dann zu Bodensenkungen führten (s. Abb. 7.2).

Es löste Deformationen an der Erdoberfläche wie Senkungsmulden, Schieflagen oder Krümmungen in horizontaler und Zerrungen und Pressungen in vertikaler Richtung aus.

Die Geländesenkungen wurden im zweijährigen Rhythmus von 1900 bis 1972 erfasst. Das gesamte Stadtgebiet wurde um Meterbeträge abgesenkt. Die Bodendeformation erschien besonders deutlich im Gebiet des Gasthauses „Waldesruh“, in dem sich die Erdoberfläche um 17,34 m setzte [7].

Zu den negativen Hinterlassenschaften des Bergbaus in Oelsnitz/Erzgeb. gehören auch mehrere Erdrisse sowie Beanspruchungen aller Bauwerke über und unter der Erdoberfläche. Auch die Halden des Steinkohlebergbaus beeinflussen die Landschaft negativ. Halden sind wasserdurchlässig und die versickernden Regenwässer treten als belastete Sickerwässer in den Untergrund und die Kanalisation.

Der Bergbau hat in Oelsnitz/Erzgeb. auch der Kulturlandschaft seinen Stempel aufgedrückt. Dazu gehören zahlreiche bauliche, museale und archivalische Zeugen.

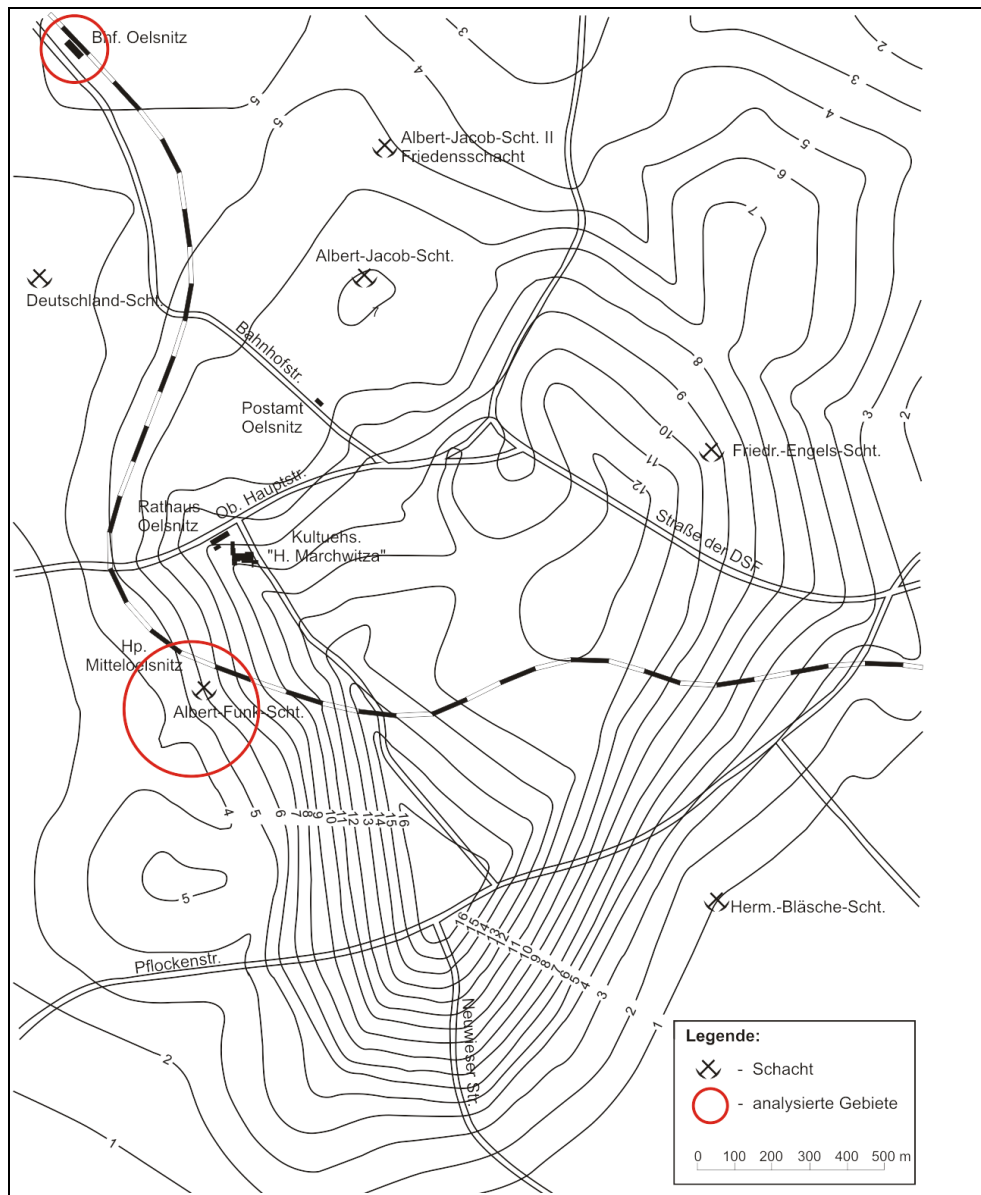


Abb. 7.2 Karte der Bodensenkungen von 1900-1970 [81] mit eigener Darstellung

7.3 Untersuchungsgebiete

7.3.1 Ehemaliges Kaiserin-Augusta-Schacht-Gebiet

Der ehemalige Kaiserin-Augusta-Schacht befindet sich an der Pflockenstraße in Neuoelsnitz. Von 1869 bis 1874 wurde der Schacht durch Fürst Otto Friedrich von Waldenburg bis auf 313 m geteuft. Im Jahre 1899 wurde der Schacht durch einen neuen Besitzer weiter auf 416 m geteuft. 1946 ist das Steinkohlewerk in staatlichen Besitz übergegangen und erhielt den Namen „Karl-Liebknecht-Schacht“. Der Schacht wurde 1975 als letzter im Lugau-Oelsnitzer Steinkohlerevier verfüllt und steht seit 1986 als Bergbaumuseum für Touristen zur Verfügung [48] [10].

Heute stellt sich der ehemalige Kaiserin-Augusta-Schacht als ungenutzter Gebäudekomplex vor, der unter Denkmalschutz steht. Dazu gehören unter anderem die damals genutzten Werkstätten, das Lager, das Kesselhaus und das Bürogebäude (s. Anlage 1). Der authentisch erhaltene Industriekomplex mit Bauten der sogenannten „Roten Moderne“ wurden von den Chemnitzer Architekten Paul Beckert und Erich Basarke entworfen. Die Gebäude entstanden aus Ziegelmauerwerk im gotischen Verband, und deren Konstruktion stützt sich auf ein Stahlskelett mit Ausfachung [66].

7.3.2 Ehemaliges Bergarbeitersiedlungs-Gebiet

1958 baute die Arbeitswohnungsbaugenossenschaft „Aktivist“ an der Willibald-Emmrich-Straße in Oelsnitz einige Mehrfamilienhäuser (s. Anlage 1). Heute gehören die Gebäude zur Wohnungsbaugenossenschaft mbH Oelsnitz/Erzgeb. und stehen unter Denkmalschutz. Sie sind authentisch erhaltene, zeittypische Wohnblöcke, die sich als baugeschichtliches Zeugnis der früheren DDR-Baupolitik darstellen. Diese zweigeschossigen Putzbauten auf Klinkersockel mit schiefergedecktem Walmdach und Kratzputzfassade weisen einen umfassenden Modernisierungs- und Instandsetzungsbedarf auf [48] [66].

7.3.3 Bahnhofsgebiet

Die Eisenbahn durch Oelsnitz/Erzgeb. unterstützte die Steinkohleindustrie, weil sie den Abtransport der geförderten Kohle nach St. Egidien und Stollberg ermöglichte. Der Personenverkehr begann im Jahr 1879. Im Bereich des Bahnhofs Oelsnitz wurden mehrere Anschlussbahnen u. a. zur Kaisergrube, dem Helene-Ida-Schacht, dem Pluto-Merkur-Schacht, dem Deutschlandschacht und dem Vereinigtfeldschacht gebaut [81].

Heute steht die Bahnhofsempfangshalle unter Denkmalschutz, weil sie ortshistorische, baugeschichtliche und verkehrshistorische Bedeutung hat. Das Bahnhofsgebäude ist ein Putzbau auf

H-förmigem Grundriss mit symmetrisch gegliederter Fassade. Zum Gebäude gehört eine eingeschossige, mittlere Halle und zwei zweigeschossige Seitenrisalite. An dem Bauwerk sind die diamantierten Scheitelsteine an Eingängen, Fenstern im Erdgeschoss und in Rundbogenöffnungen beachtenswert [66], (s. Anlage 1).

7.3.4 Albert-Funk-Schacht-Gebiet

Ab 1871 teufte die AG Steinkohlenwerk „Vereinsglück“ den Schacht I, der anfangs Wilhelmsschacht genannt wurde. 1877 wurde bei 636 m das Abteufen eingestellt, und in 40 m Entfernung wurde das Teufen des Schachtes II begonnen. Beide Schächte wurden 1881 bei einer Teufe von 542 m verbunden und in Vereinsglück-Schacht umbenannt. Bis auf 884 m wurde 1838 der Schacht I geteuft und mit dem Deutschland-Schacht II eine untertägige Verbindung hergestellt.

1949 wurden die Schächte in Albert-Funk-Schacht I und Albert-Funk-Schacht II umbenannt. Der Eigentümer ist seit 1990 die BEFA GmbH [48].

Die ehemaligen Schachtgebäude sowie die Gebäude im Albert-Funk-Schacht-Straße-Gebiet stellen sich als Ziegelgebäude auf Streifenfundamenten dar. Der Abbau hinterließ an den Bauwerken zahlreiche, bis 40 mm breite Risse [83].

7.3.5 Obere-Hauptstraße-Gebiet und Rudolfstraße-Gebiet

Die Bergbauhinterlassenschaften stellen sich nicht nur in unmittelbarer Nähe der Schächte dar. Ganz Oelsnitz ist mit Bergschäden belastet. Dies zeigt sich auch im Rudolfstraße-Gebiet und im Gelände des südlichen Teils des Obere-Hauptstraße-Gebietes. Die Gebäude weisen viele große Risse und sichtbare Deformationen wie Ausbauchungen des Ziegelmauerwerks auf [83].

8. Durchführung der Untersuchung

In der vorliegenden Arbeit wurden, um eine detaillierte Analyse darzustellen, folgende ausgewählte Immobilien in Oelsnitz/Erzgeb. untersucht:

- Kaiserin-Augusta-Schacht – Gebiet,
- Bergarbeitersiedlung – Gebiet,
- Albert-Funk-Schacht und Rudolfstraße – Gebiet,
- Bahnhof Oelsnitz/Erzgeb. – Gebiet und
- Obere Hauptstraße – Gebiet.

Alle Daten in der Analyse kommen aus dem Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie und aus genehmigten Forschungsarbeiten.

Aufgrund der teilweise verbleibenden Ausstattung der analysierten Gebäude ist vorauszusehen, dass deren wahrscheinlichste Nachfolgenutzung der bisherigen Nutzung entsprechen wird (Tab. 8.1).

In den ersten Unterkapiteln werden die Methoden der Klassifizierung von Objekten beschrieben. Die Gebiete wurden zunächst mittels ArcGis bearbeitet und anschließend in Form von Abbildungen dargestellt.

Weiter wird die Berechnung der Risikoprämie mittels Fuzzylogik am Beispiel ausgewählter Immobilien gezeigt. Da dies ein sehr aufwändiger Berechnungsprozess ist, wurden die Komponenten der übrigen Immobilien mit Hilfe der MATLAB Fuzzy Logic Toolbox ausgerechnet. Zum Schluss wurde der Wert jeder Immobilie anhand der Discounted Cash Flow-Methode berechnet.

8.1 Bergbau-Komponenten

8.1.1 Bergbaubedingte Wertminderungen von Gebäuden

Die letzte Kohle aus der Steinkohlenlagerstätte Lugau-Oelsnitz wurde am 31.3.1971 gefördert. Die 127-jährige Bergbautätigkeit und der Abbau von ca. 142×10^6 Tonnen Steinkohle haben an der Tagesoberfläche zu erheblichen Veränderungen geführt und je nach Flözmächtigkeit, Versatzart und Teufe, mehr oder weniger große Senkungsmulden gebildet. Dabei traten vertikale Veränderungen - Senkungen, Schief lagen, Krümmungen - sowie horizontale Veränderungen - Zerrungen und Pressungen - auf, die große Schäden und Gefährdungen, besonders an bebauten Grundstücken, verursachten [7].

In der gegenwärtigen Arbeit wurden die ausgewählten Gebäude in Oelsnitz/Erzgeb. hinsichtlich bergbaulicher Einwirkungen untersucht und daher die bergbaubedingten Minderungen der

Gebäudewerte eingeschätzt.

Um die Verträglichkeitsgrößen nach Tabelle 5.2 zu berechnen, wurden alle erforderlichen Gebäudeangaben aus dem Schadenskataster der Stadt Oelsnitz/Erzgeb. verwendet (s. Anlage 4). Die Ergebnisse wurden in Tabelle 8.1 und Abbildungen 8.1 bis 8.3 dargestellt.

Objekt Nr.	Nutzung	Pressungsverträglichkeit		Zerrungsverträglichkeit	
		ε_v [mm/m]	Kategorie	ε_v [mm/m]	Kategorie
1	Industriegebäude	-1,5 bis -3,0	II	+1,5 bis+ 3,0	II
2	Mehrfamilienhaus	-1,5 bis -3,0	II	+1,5 bis+ 3,0	II
3	Wohn- und Geschäftshaus	-3,0 bis -4,5	III	+4,5 bis +6,0	IV
4	Wohn- und Geschäftshaus	-3,0 bis -4,5	III	+4,5 bis +6,0	IV
5	Mehrfamilienhaus	-4,5 bis -6,0	IV	+6,0 bis +9,0	V
6	Industriegebäude	-3,0 bis -4,5	III	+4,5 bis +6,0	IV
7	Industriegebäude	-1,5 bis -3,0	II	+1,5 bis+ 3,0	II
8	Industriegebäude	-3,0 bis -4,5	III	+6,0 bis +9,0	V
9	Industriegebäude	-1,5 bis -3,0	II	+1,5 bis+ 3,0	II
10	Industriegebäude	-3,0 bis -4,5	III	+3,0 bis +4,5	III
11	Industriegebäude	-3,0 bis -4,5	III	+6,0 bis +9,0	V
12	Industriegebäude	-1,5 bis -3,0	II	+1,5 bis+ 3,0	II
13	Industriegebäude	-1,5 bis -3,0	II	+1,5 bis+ 3,0	II
14	Industriegebäude	-1,5 bis -3,0	II	+0,5 bis +1,5	I
15	Industriegebäude	-0,5 bis -1,5	I	+0,5 bis +1,5	I
16	Industriegebäude	-1,5 bis -3,0	II	+0,5 bis +1,5	I
17	Industriegebäude	-1,5 bis -3,0	II	+1,5 bis+ 3,0	II
18	Industriegebäude	-1,5 bis -3,0	II	+1,5 bis+ 3,0	II
19	Industriegebäude	-1,5 bis -3,0	II	+1,5 bis+ 3,0	II
20	Industriegebäude	-1,5 bis -3,0	II	+1,5 bis+ 3,0	II
21	Mehrfamilienhaus	-3,0 bis -4,5	III	+6,0 bis +9,0	V
22	Einfamilienhaus	-3,0 bis -4,5	III	+4,5 bis +6,0	IV
23	Wohn- und Geschäftshaus	-3,0 bis -4,5	III	+6,0 bis +9,0	V
24	Industriegebäude	-1,5 bis -3,0	II	+1,5 bis+ 3,0	II
25	Industriegebäude	-0,5 bis -1,5	I	+0,5 bis +1,5	I
26	Industriegebäude	-0,5 bis -1,5	I	+0,5 bis +1,5	I
27	Industriegebäude	-1,5 bis -3,0	II	+0,5 bis +1,5	I
28	Mehrfamilienhaus	-3,0 bis -4,5	III	+4,5 bis +6,0	IV
29	Mehrfamilienhaus	-1,5 bis -3,0	II	+1,5 bis+ 3,0	II
30	Mehrfamilienhaus	-1,5 bis -3,0	II	+1,5 bis+ 3,0	II
31	Mehrfamilienhaus	-3,0 bis -4,5	III	+4,5 bis +6,0	IV
32	Mehrfamilienhaus	-1,5 bis -3,0	II	+1,5 bis+ 3,0	II
33	Wohn- und Geschäftshaus	-1,5 bis -3,0	II	+1,5 bis+ 3,0	II

Tab. 8.1 Pressungs- und Zerrungsverträglichkeitsgröße den analysierten Objekten *

* Die Objektstandorte werden in Anlage 11 angegeben

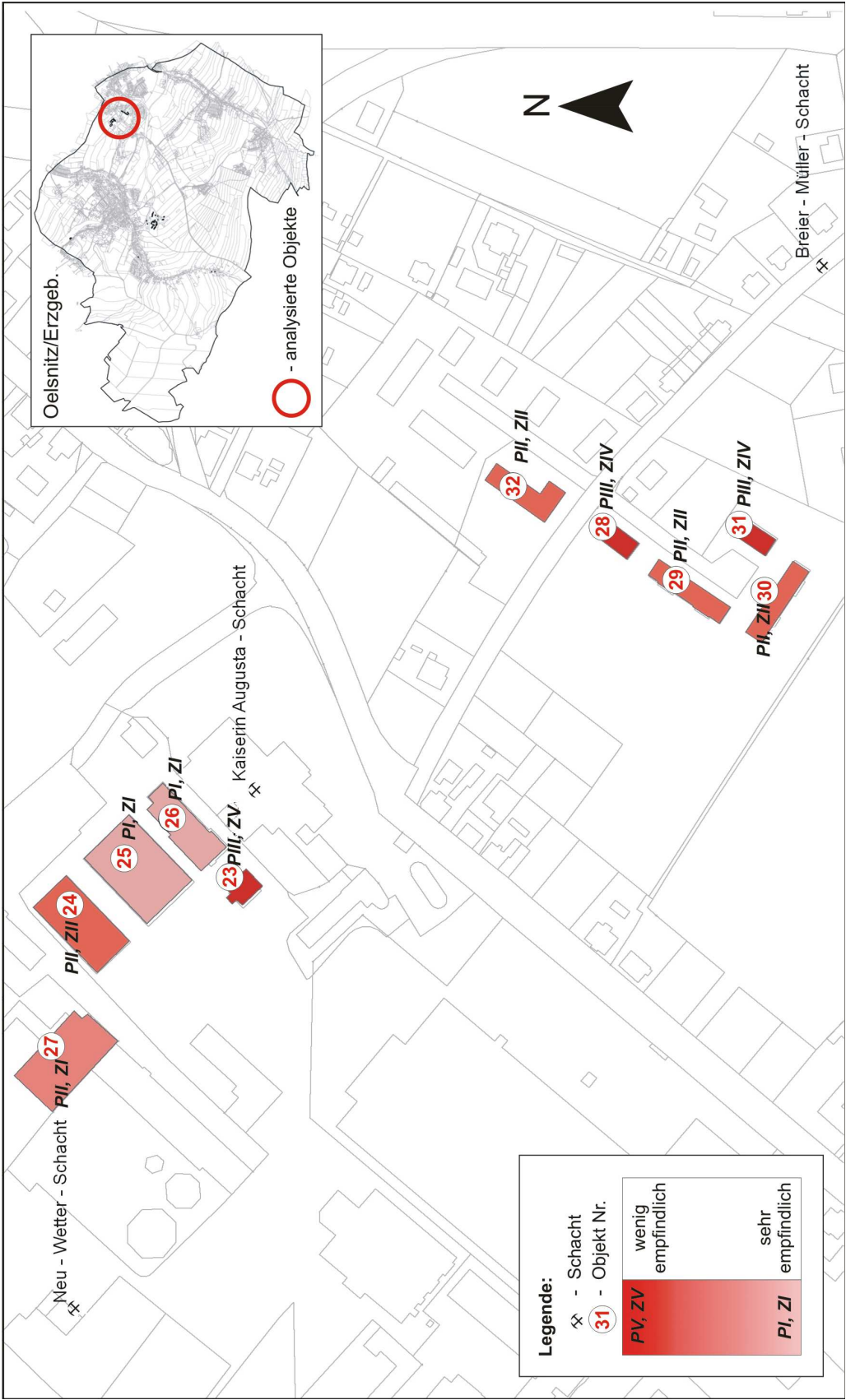


Abb. 8.1 Empfindlichkeit von Gebäuden gegenüber Zerrungen (Z) und Pressungen (P) im ehem. Kaiserin-Augusta-Schacht-Gebiet während des aktiven Bergbaus

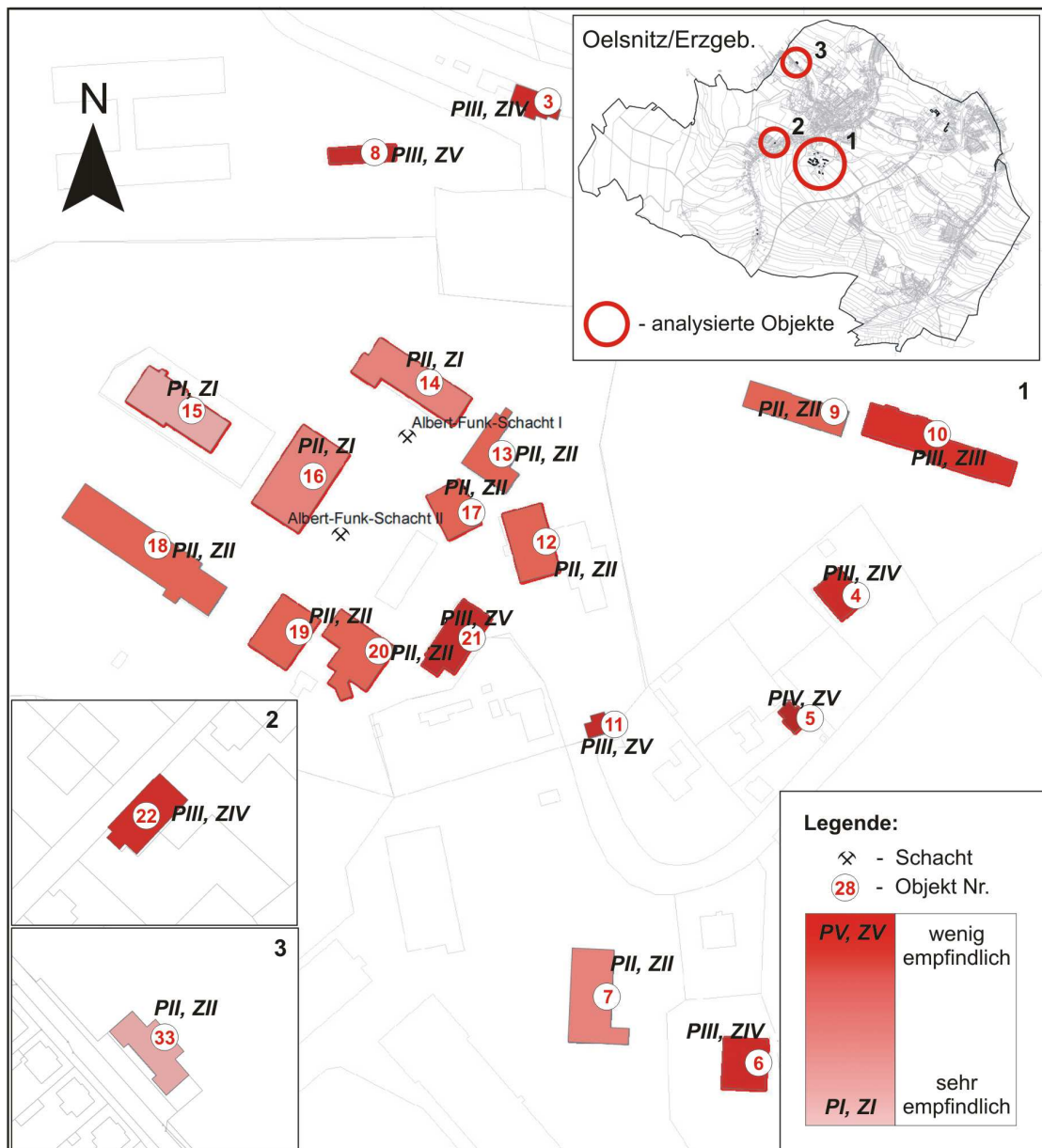


Abb. 8.2 Empfindlichkeit von Gebäuden gegenüber Zerrungen (Z) und Pressungen (P) im Albert-Funk-Schacht, Rudolfstraße-Gebiet und Bahnhofsgebäude während des aktiven Bergbaus

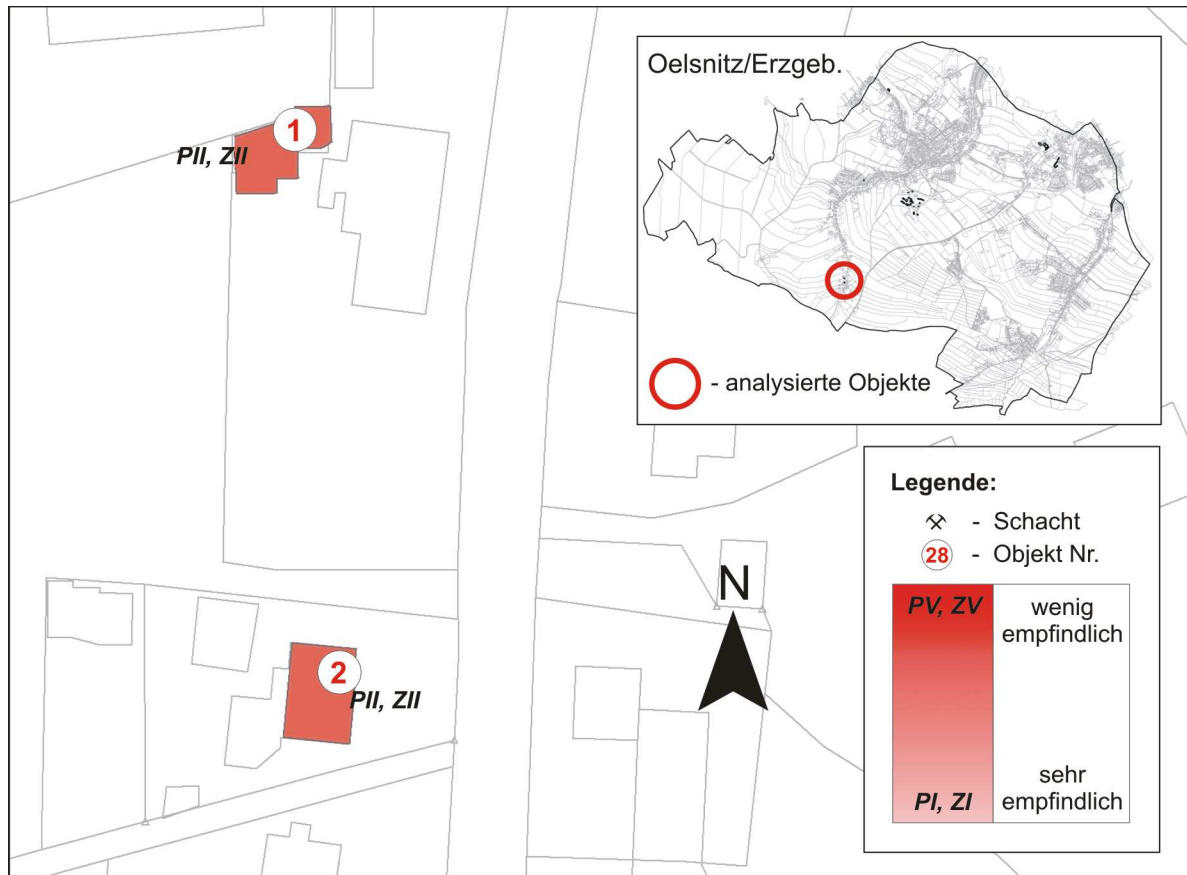


Abb. 8.3 Empfindlichkeit von Gebäuden gegenüber Zerrungen (Z) und Pressungen (P) im Oberen Hauptstraße-Gebiet während des aktiven Bergbaus

Daraus folgt, dass die Objekte mit den Nummern 14, 15, 16, 25, 26 und 27 sehr empfindlich gegen Längenänderungen sind, die Objekte mit den Nummern 5, 8 und 21 wiesen dagegen eine gute Zerrungs- und Pressungsfestigkeit auf.

Zur Erfassung der Bergsenkungen und ihre Auswirkungen auf bestimmte Objekte der Tagesoberfläche wurde das Reviernivellement des Lugau-Oelsnitzer Steinkohlreviers von 1900 bis 1972 im Turnus von 2 Jahren durchgeführt, und davon wurden die Isokatabasen-Karten erstellt. Die stärksten Bodensenkungen in Oelsnitz/Erzgeb. sind im Gebiet des Gasthauses „Waldesruh“ aufgetreten. Das Gebäude hat sich um 17,34 m abgesenkt [7].

Anhand der Formeln 5.2 bis 5.6 wurden die maximalen Längenänderungen an den analysierten Gebäuden berechnet, die während des aktiven Bergbaus auftraten (Tab. 8.2, Abb. 8.4 bis 8.7).

Objekt Nr.	max. Längenänderungen ε_v [mm/m]	
	Pressung	Zerrung
1	-0,34	3,52
2	-3,48	-
3	-4,29	16,08
4	-5,58	48,80
5	-2,01	19,14
6	-	23,82
7	-	19,93
8	-2,64	11,72
9	-0,82	39,12
10	-	50,55
11	-8,87	4,48
12	-9,89	1,40
13	-8,70	7,70
14	-4,76	5,53
15	-0,05	3,53
16	-4,94	4,42
17	-8,68	2,69
18	-3,37	2,67
19	-8,62	4,88
20	-11,76	5,84
21	-14,39	-
22	-0,53	3,38
23	-0,62	2,82
24	-0,70	2,64
25	-0,48	2,72
26	-0,31	3,06
27	-1,70	5,10
28	-	3,38
29	-0,49	4,57
30	-0,47	13,49
31	-	10,71
32	-	2,75
33	-16,28	6,20

Tab. 8.2 Maximale, aufgetretene Längenänderungen an den analysierten Objekten

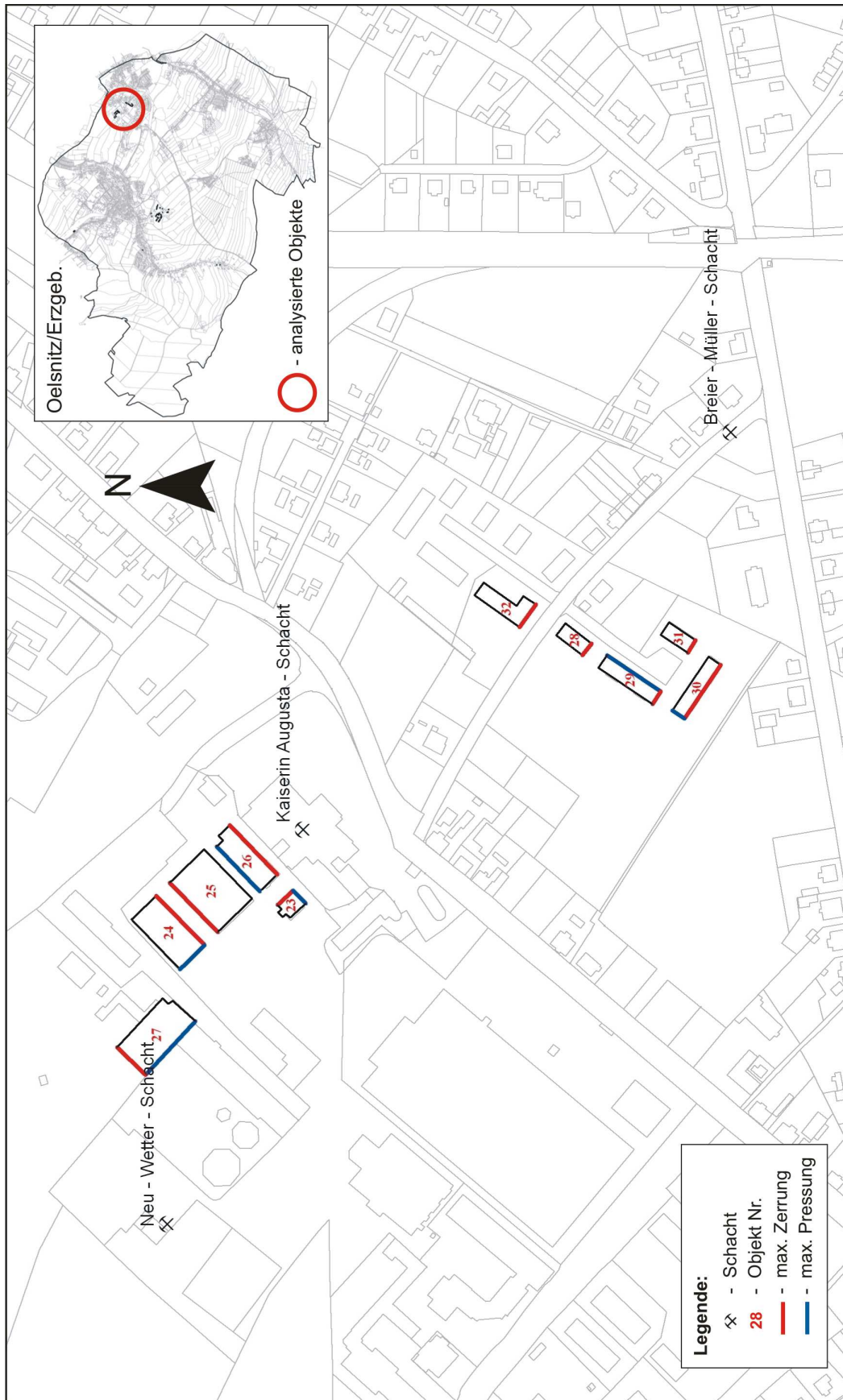
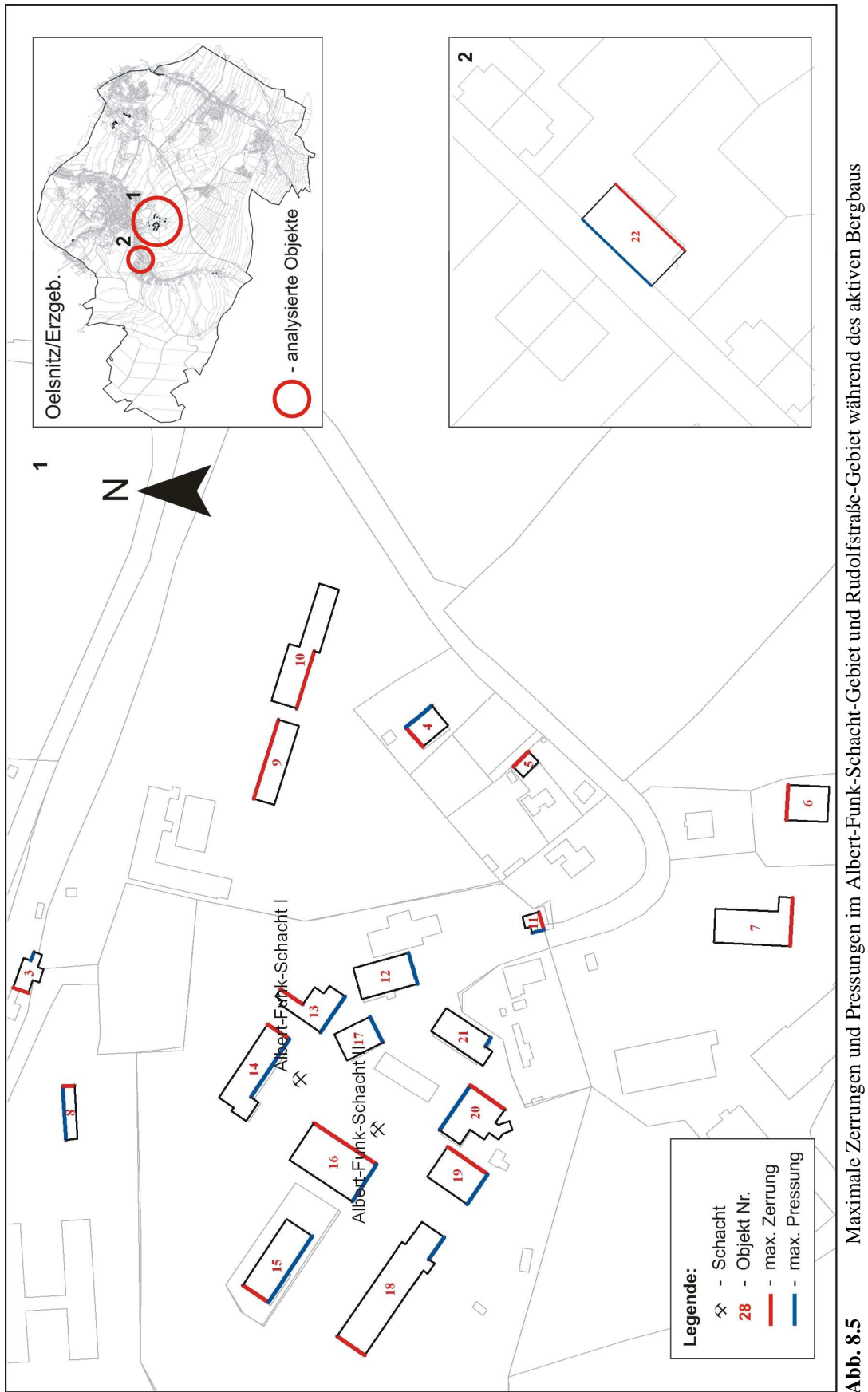


Abb. 8.4 Maximale Zerrungen und Pressungen im ehem. Kaiserin-Augusta-Schacht-Gebiet während des aktiven Bergbaus



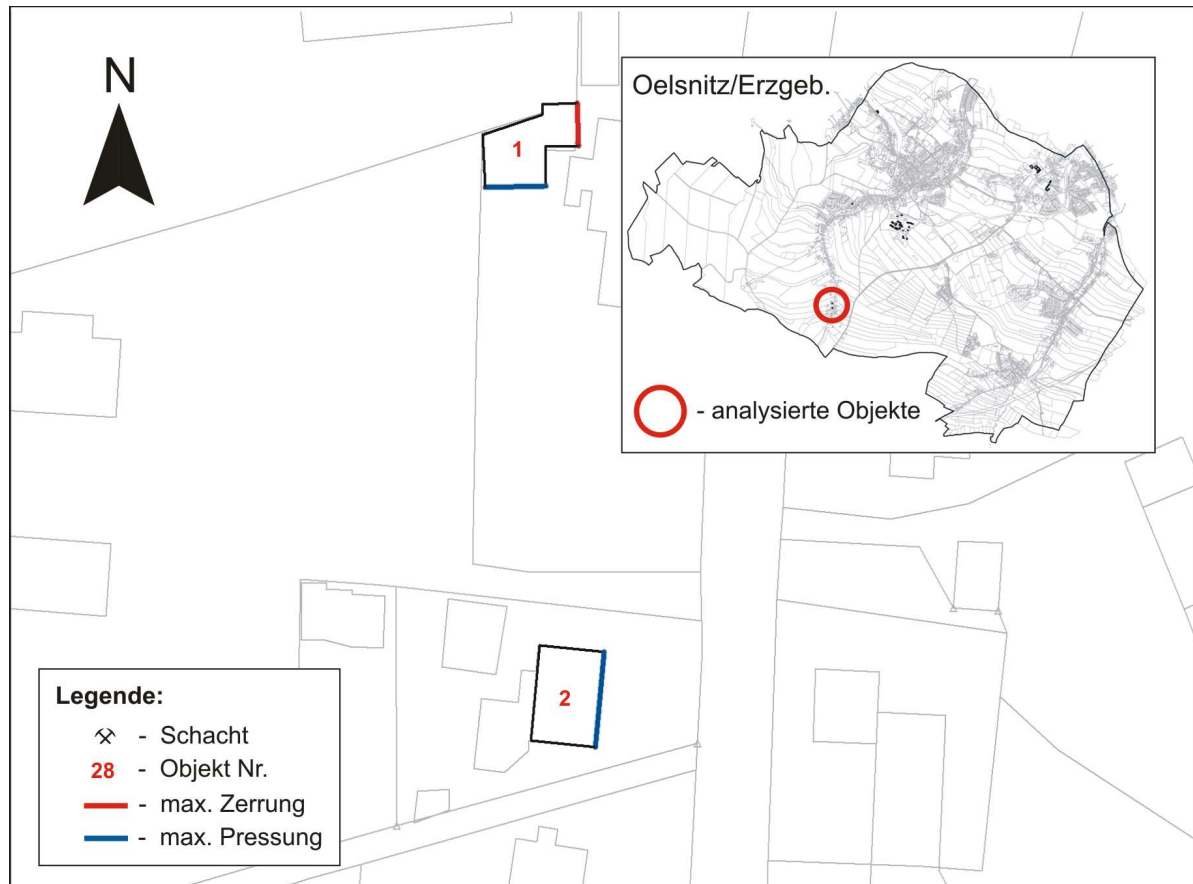


Abb. 8.6 Maximale Zerrungen und Pressungen im Oberen Hauptstraße-Gebiet während des aktiven Bergbaus

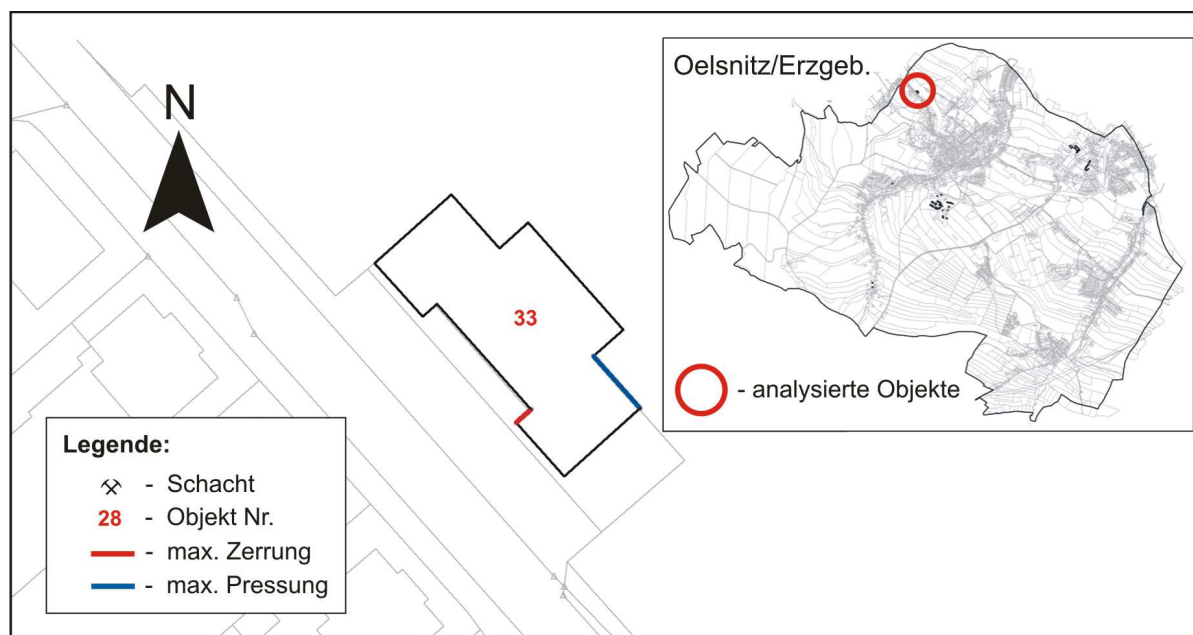


Abb. 8.7 Maximale Zerrungen und Pressungen am Bahnhofsgebäude während des aktiven Bergbaus

Die maximalen Längenänderungen wurden anschließend mit den Verträglichkeitsgrößen zusammengestellt. Davon wurden, hinsichtlich der Vorschäden und Baujahre aus dem Schadenskataster, die Faktoren A1 und A2 mit Schadensgraden in % des Gebäudewertes festgelegt (Tab. 8.3).

Objekt Nr.	Verträglichkeitsgrößen ε_v [mm/m]		maximale Längenänderungen ε_v [mm/m]		RND in Jahren	Vorschä- digungsgrad	Faktor A1	Faktor A2
							Schadensgrad in % des GW	
1	-1,5 bis -3,0	+1,5 bis +3,0	-0,34	3,52	≤29	Stufe 1	1	-
2	-1,5 bis -3,0	+1,5 bis +3,0	-3,48	-	50-69	Stufe 1	3	-
3	-3,0 bis -4,5	+4,5 bis +6,0	-4,29	16,08	30-49	Stufe 1	2	3
4	-3,0 bis -4,5	+4,5 bis +6,0	-5,58	48,80	30-49	Stufe 0	1	3
5	-4,5 bis -6,0	+6,0 bis +9,0	-2,01	19,14	30-49	Stufe 2	3	3
6	-3,0 bis -4,5	+4,5 bis +6,0	-	23,82	30-49	Stufe 0	1	3
7	-1,5 bis -3,0	+1,5 bis+ 3,0	-	19,93	50-69	Stufe 2	4	4
8	-3,0 bis -4,5	+6,0 bis +9,0	-2,64	11,72	30-49	Stufe 2	3	3
9	-1,5 bis -3,0	+1,5 bis+ 3,0	-0,82	39,12	≤29	Stufe 0	0	2
10	-3,0 bis -4,5	+3,0 bis +4,5	-	50,55	30-49	Stufe 0	1	3
11	-3,0 bis -4,5	+6,0 bis +9,0	-8,87	4,48	≤29	Stufe 0	0	2
12	-1,5 bis -3,0	+1,5 bis+ 3,0	-9,89	1,40	≤29	Stufe 2	2	2
13	-1,5 bis -3,0	+1,5 bis+ 3,0	-8,70	7,70	≤29	Stufe 1	1	2
14	-1,5 bis -3,0	+0,5 bis +1,5	-4,76	5,53	≤29	Stufe 2	2	2
15	-0,5 bis -1,5	+0,5 bis +1,5	-0,05	3,53	50-69	Stufe 1	3	4
16	-1,5 bis -3,0	+0,5 bis +1,5	-4,94	4,42	≤29	Stufe 2	2	2
17	-1,5 bis -3,0	+1,5 bis+ 3,0	-8,68	2,69	≤29	Stufe 2	2	2
18	-1,5 bis -3,0	+1,5 bis+ 3,0	-3,37	2,67	50-69	Stufe 0	2	-
19	-1,5 bis -3,0	+1,5 bis+ 3,0	-8,62	4,88	≤29	Stufe 2	2	2
20	-1,5 bis -3,0	+1,5 bis+ 3,0	-11,76	5,84	≤29	Stufe 2	2	2
21	-3,0 bis -4,5	+6,0 bis +9,0	-14,39	-	90-99	Stufe 0	5	7
22	-3,0 bis -4,5	+4,5 bis +6,0	-0,53	3,38	50-69	Stufe 1	-	-
23	-3,0 bis -4,5	+6,0 bis +9,0	-0,62	2,82	≤29	-	-	-
24	-1,5 bis -3,0	+1,5 bis+ 3,0	-0,70	2,64	≤29	-	-	-
25	-0,5 bis -1,5	+0,5 bis +1,5	-0,48	2,72	≤29	Stufe 0	0	-
26	-0,5 bis -1,5	+0,5 bis +1,5	-0,31	3,06	≤29	Stufe 0	0	2
27	-1,5 bis -3,0	+0,5 bis +1,5	-1,70	5,10	≤29	Stufe 0	0	2
28	-3,0 bis -4,5	+4,5 bis +6,0	-	3,38	50-69	-	-	-
29	-1,5 bis -3,0	+1,5 bis+ 3,0	-0,49	4,57	50-69	Stufe 0	2	4
30	-1,5 bis -3,0	+1,5 bis+ 3,0	-0,47	13,49	50-69	Stufe 0	2	4
31	-3,0 bis -4,5	+4,5 bis +6,0	-	10,71	50-69	Stufe 0	2	4
32	-1,5 bis -3,0	+1,5 bis+ 3,0	-	2,75	50-69	-	-	-
33	-1,5 bis -3,0	+1,5 bis+ 3,0	-16,28	6,20	≤29	Stufe 0	0	2
Anmerkung zur Anwendung:								
<ul style="list-style-type: none"> • RND = Restnutzungsdauer (des Gebäudes) • GW = Gebäudewert 								

Tab. 8.3 Bestimmung des erheblichen Substanzschadens (Faktor A1) und des erheblichen Eingriffs in die Tragwerkskonstruktion (Faktor A2) für die analysierten Objekte

Tabelle 8.3 zeigt, dass der Wert der meisten analysierten Gebäude wegen erheblicher Substanzschäden und erheblichen Eingriffs in die Tragwerkskonstruktion gemindert wurde. Nur die Gebäude 22, 23, 24, 28 und 32 sind frei von oben genannten Schäden.

Um den letzten Faktor - B - Nutzungerschwernis einzuschätzen, wurden anhand der Formel 5.2 die Schief lagen der Gebäude berechnet. Diese Ergebnisse und dabei festgestellte Schäden in % der Gebäudewerte, unter Berücksichtigung der Unterschiede zwischen „Wohngebäuden und Gebäuden mit Wohncharakter“ und „Gebäuden anderer Art und Nutzung“, wurden in Tabelle 8.4 dargestellt.

Objekt Nr.	Nutzung	Schief lage [mm/m]	Faktor B
			Schadensgrad in % des GW
1	Industriegebäude	0,79	-
2	Mehrfamilienhaus	0,89	-
3	Wohn- und Geschäftshaus	9,01	2,6
4	Wohn- und Geschäftshaus	8,34	2,4
5	Mehrfamilienhaus	4,78	-
6	Industriegebäude	4,33	-
7	Industriegebäude	1,98	-
8	Industriegebäude	5,27	1,5
9	Industriegebäude	12,13	3,5
10	Industriegebäude	20,64	5,9
11	Industriegebäude	3,33	-
12	Industriegebäude	1,32	-
13	Industriegebäude	0,77	-
14	Industriegebäude	2,16	-
15	Industriegebäude	3,93	-
16	Industriegebäude	3,62	-
17	Industriegebäude	1,56	-
18	Industriegebäude	4,15	-
19	Industriegebäude	3,01	-
20	Industriegebäude	2,76	-
21	Mehrfamilienhaus	1,55	-
22	Einfamilienhaus	2,47	1,2
23	Wohn- und Geschäftshaus	6,05	1,8
24	Industriegebäude	5,90	1,7
25	Industriegebäude	5,90	1,7
26	Industriegebäude	5,79	1,7
27	Industriegebäude	6,59	1,9
28	Mehrfamilienhaus	3,66	1,8
29	Mehrfamilienhaus	4,68	2,3
30	Mehrfamilienhaus	5,01	2,5
31	Mehrfamilienhaus	3,08	1,5
32	Mehrfamilienhaus	2,94	1,5
33	Wohn- und Geschäftshaus	2,33	1,2

Tab. 8.4 Bestimmung der Nutzungserschwer nis (Faktor B) für die analysierten Objekte

Aus der Tabelle 8.4 folgt, dass von den analysierten Gebäuden nur die Hälfte genug schief steht, um deren Nutzung ein wenig zu erschweren.

Im Endeffekt lassen sich in Tabelle 8.5 alle Schadensgrade summieren.

Objekt Nr.	Nutzung	Faktor A1	Faktor A2	Faktor B	bergbaubedingte Wertminderungen in % des GW
		Schadensgrad in % des GW	Schadensgrad in % des GW	Schadensgrad in % des GW	
1	Industriegebäude	1	-	-	1,0
2	Mehrfamilienhaus	3	-	-	3,0
3	Wohn- und Geschäftshaus	2	3	2,6	7,6
4	Wohn- und Geschäftshaus	1	3	2,4	6,4
5	Mehrfamilienhaus	3	3	-	6,0
6	Industriegebäude	1	3	-	4,0
7	Industriegebäude	4	4	-	8,0
8	Industriegebäude	3	3	1,5	7,5
9	Industriegebäude	0	2	3,5	5,5
10	Industriegebäude	1	3	5,9	9,9
11	Industriegebäude	0	2	-	2,0
12	Industriegebäude	2	2	-	4,0
13	Industriegebäude	1	2	-	3,0
14	Industriegebäude	2	2	-	4,0
15	Industriegebäude	3	4	-	7,0
16	Industriegebäude	2	2	-	4,0
17	Industriegebäude	2	2	-	4,0
18	Industriegebäude	2	-	-	2,0
19	Industriegebäude	2	2	-	4,0
20	Industriegebäude	2	2	-	4,0
21	Mehrfamilienhaus	5	7	-	12,0
22	Einfamilienhaus	-	-	1,2	1,2
23	Wohn- und Geschäftshaus	-	-	1,8	1,8
24	Industriegebäude	-	-	1,7	1,7
25	Industriegebäude	0	-	1,7	1,7
26	Industriegebäude	0	2	1,7	3,7
27	Industriegebäude	0	2	1,9	3,9
28	Mehrfamilienhaus	-	-	1,8	1,8
29	Mehrfamilienhaus	2	4	2,3	8,3
30	Mehrfamilienhaus	2	4	2,5	8,5
31	Mehrfamilienhaus	2	4	1,5	7,5
32	Mehrfamilienhaus	-	-	1,5	1,5
33	Wohn- und Geschäftshaus	0	2	1,2	3,2

Tab. 8.5 Bergbaubedingte Wertminderungen für die analysierten Objekte

Die Schadensgrade wurden gemäß dem Kapitel 5.4.1 auf die Punkte umgerechnet und je nach der Gebäudenutzung für die Bestimmung der Variable der Fuzzy-Regelung verwendet. (Abb. 8.8 bis 8.11)

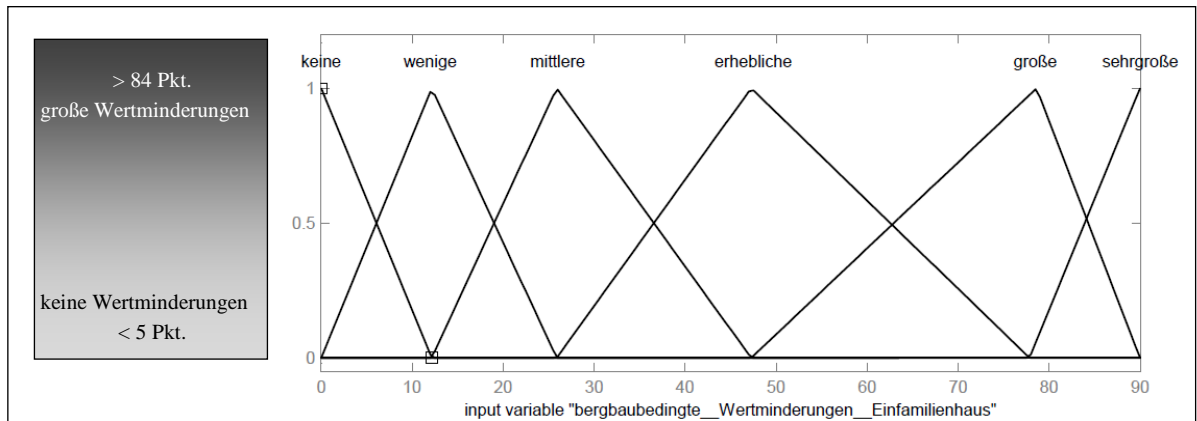


Abb. 8.8 Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable "bergbaubedingte Wertminderungen" für Einfamilienhäuser

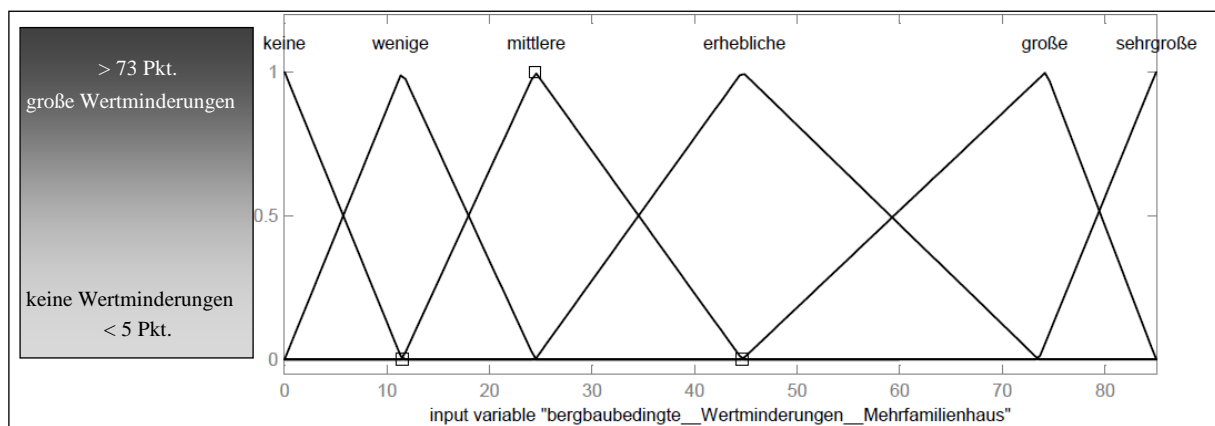


Abb. 8.9 Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable "bergbaubedingte Wertminderungen" für Mehrfamilienhäuser

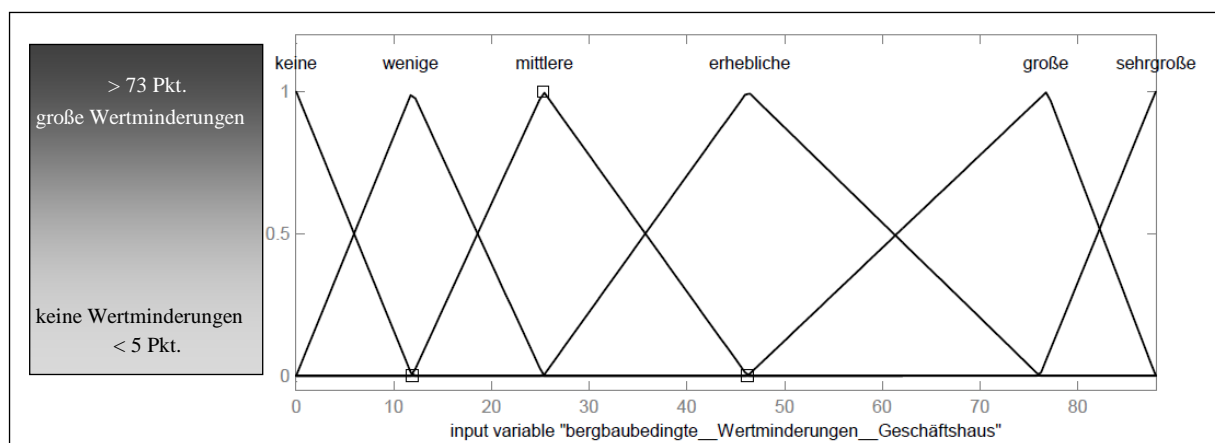


Abb. 8.10 Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable "bergbaubedingte Wertminderungen" für Geschäftshäuser

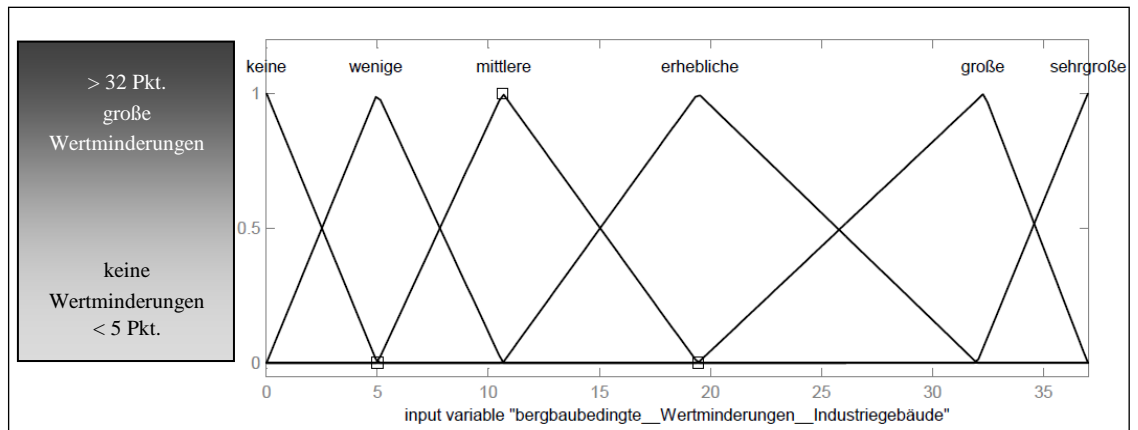


Abb. 8.11 Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable "bergbaubedingter Wertminderungen" für Industriegebäude

Die Ergebnisse der oben genannten Klassifizierung sind in den Abbildungen 8.12 bis 8.14 dargestellt.

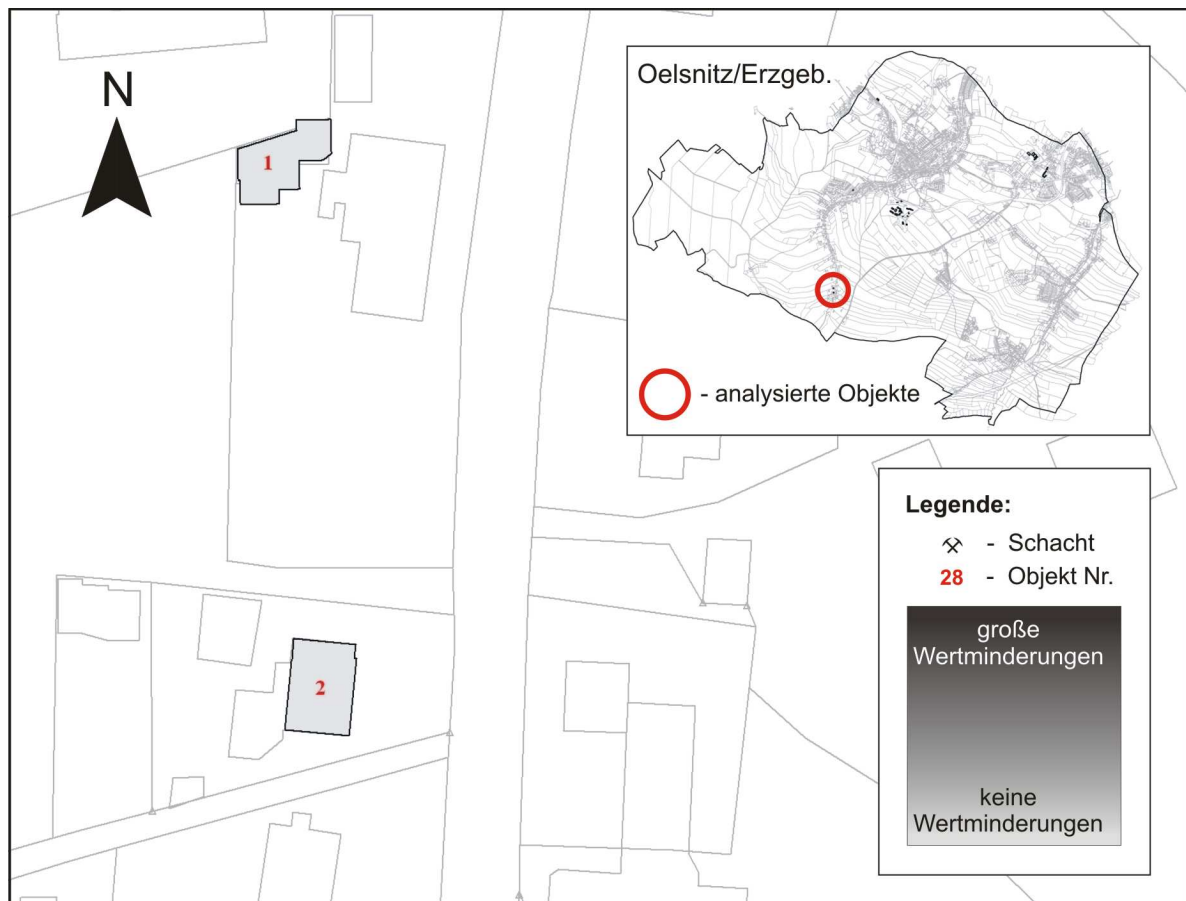


Abb. 8.12 Bergbaubedingte Wertminderungen der analysierten Gebäude im Oberen Hauptstraße-Gebiet

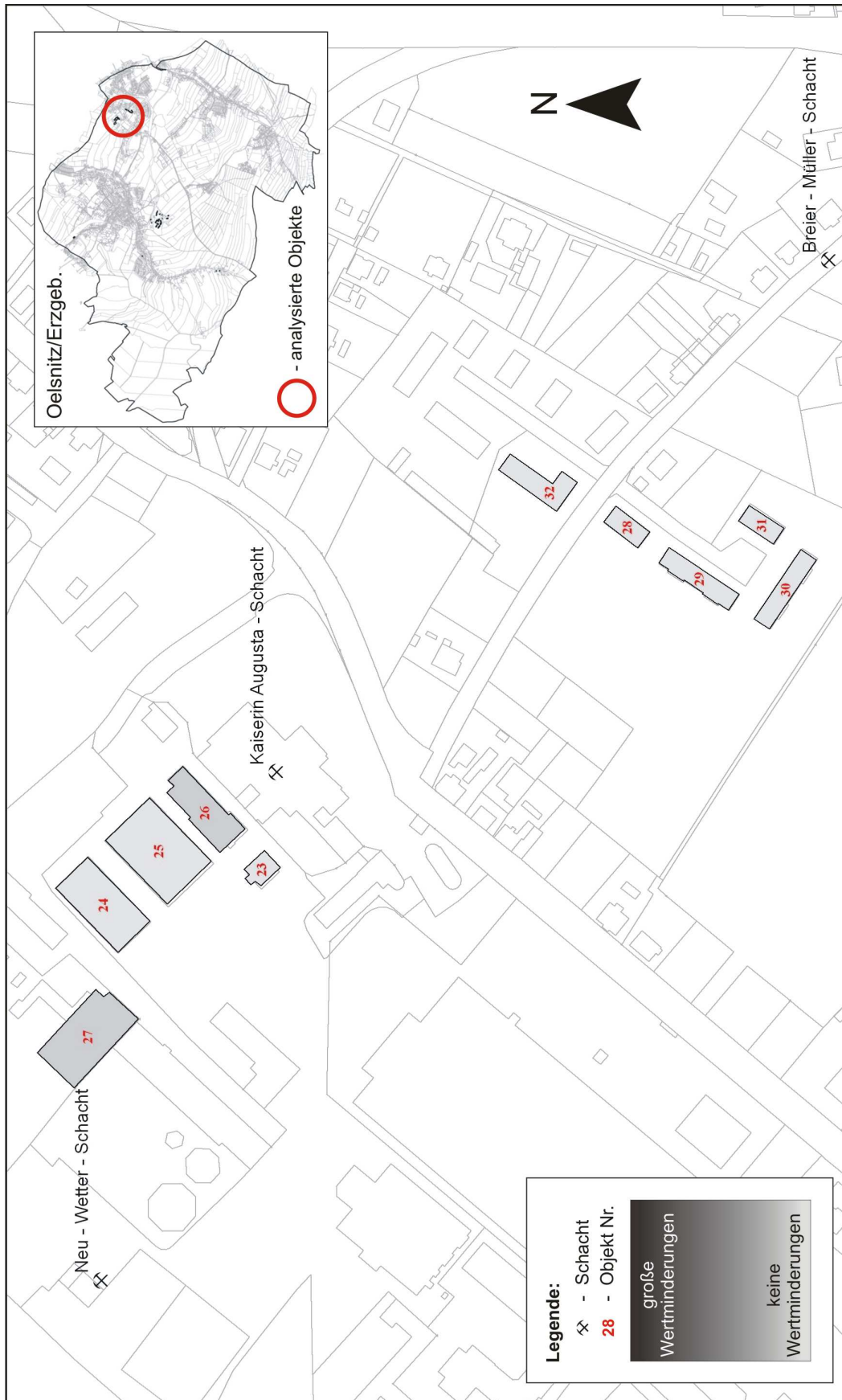


Abb. 8.13 Bergbaubedingte Wertminderungen der analysierten Gebäude im ehem. Kaiserin-Augusta-Schacht-Gebiet

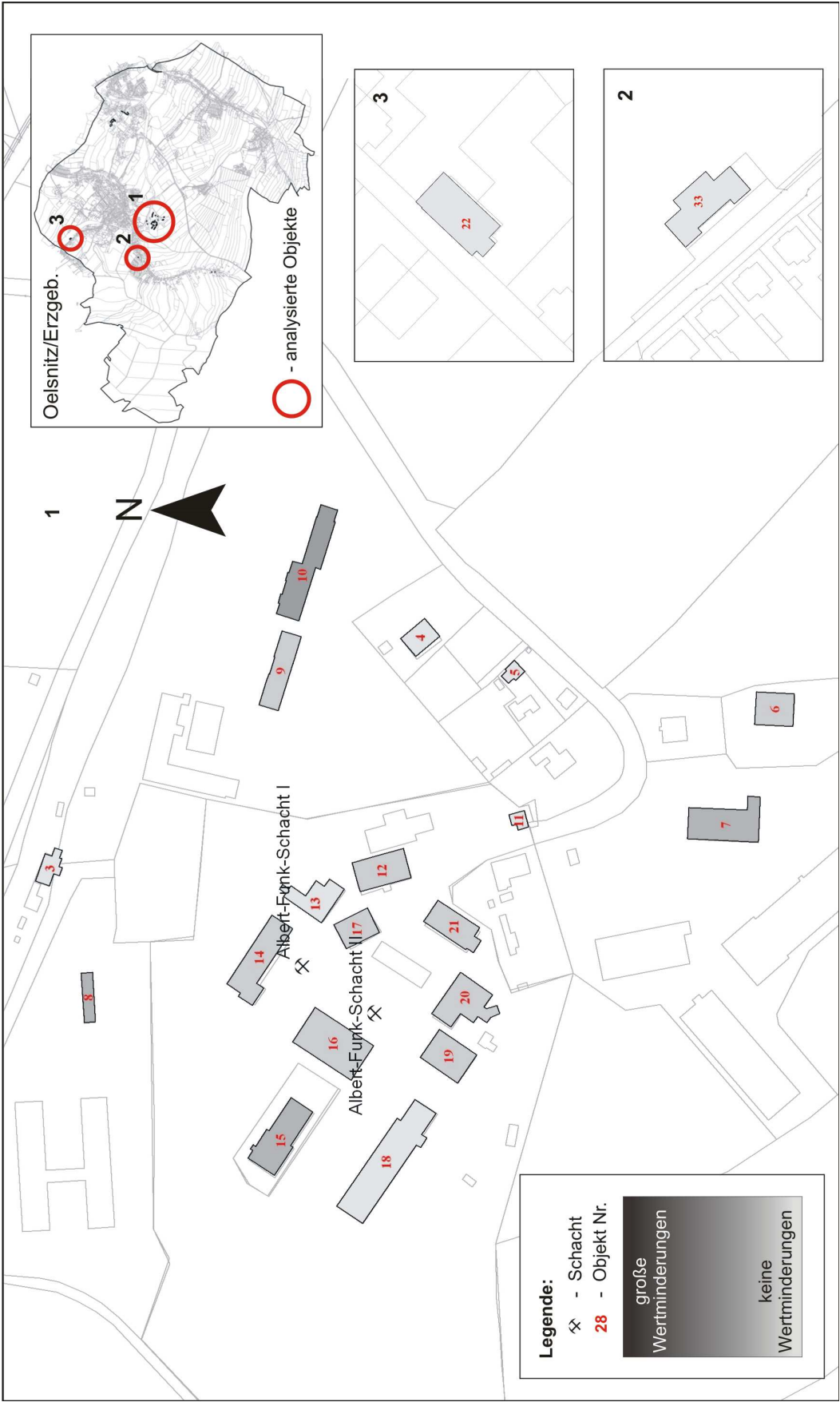


Abb. 8.14 Bergbaubedingte Wertminderungen der analysierten Gebäude im Albert-Funk-Schacht, Rudolfstraße-Gebiet und Bahnhofsgebäude

Anhand der Tabelle 8.5 und den obigen Abbildungen ist zu erkennen, dass an allen Gebäuden bergbaubedingte Wertminderungen entstehen. Der größte Schadensgrad besteht an den Gebäuden 10, 7, 8 und 15 im Albert-Funk-Schacht-Gebiet.

8.1.2 Potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen

Im Revier Lugau/Oelsnitz wurde im Jahr 1971 der Steinkohlenbergbau eingestellt. Seitdem begann die Flutung des Grubengebäudes. Der Freistaat Sachsen hat im Zeitraum 2004 bis 2007 ein dreidimensionales Grubenwasseranstiegsmodell aufgebaut und eine Grubenwassermessstelle errichtet. Daraus ergab sich, dass das Grubenwasser im Revier durchschnittlich um einen Höhenmeter pro Monat steigt und bisher ein Restholraumvolumenteil von ca. 80% geflutet ist. Die Prognose des weiteren Grubenwasseranstiegs wurde bis zum Jahr 2033 durchgeführt [32].

Alle weiteren Untersuchungen sind anhand des Berichts aus dem Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie entwickelt.

Die höchste Wahrscheinlichkeit für Vernässungen und unkontrollierte Grubenwasseraustritte liegt in dem topographisch tiefsten Bereich des Bergbaureviers:

- I. oberflächiger Ausstrichbereich der Lugauer Störung (in der Tallage des Gersdorfer Teiles des Oelsnitzer Hegebaches und des Lugauer Baches) einschließlich der mit dieser ggf. in Verbindung stehenden Erdrisse bzw. von Abschnitten der sie querenden Härtensdorfer Störung*
- II. oberflächiger Ausstrichbereich der Pluto-Schacht-Verwerfung einschließlich der mit dieser ggf. in Verbindung stehenden Erdrisse bzw. von Abschnitten der sie querenden Härtensdorfer Störung*
- III. Bereich der Merkur- und Pluto-Schächte*
- IV. Bereich der Kaisergruben-Schächte [32].*

Daher wurden für die Analyse folgenden Gefahrstufen von I bis IV festgelegt:

I	Gebiete, auf denen eine Gefahr sowohl wegen großer Störungen (Lugauer Störung, Härtensdorfer Störung und Pluto-Schacht-Verwerfung) als auch wegen Erdrissen besteht
II	Gebiete, auf denen eine Gefahr wegen großer Störungen oder wegen Erdrissen besteht
III	Gebiete, auf denen eine Gefahr wegen kleinerer Störungen besteht
IV	übrige Gebiete

Tab. 8.6 Gefahrstufen hinsichtlich der potenziellen Oberflächenvernässungen

In Gefahr sind die Bereiche, die zwischen +320 m HN-Niveau und +360 m HN-Niveau liegen. Deswegen sind die obigen Stufen noch weiter durch Gefahrpunkte unterteilt:

HN-Niveau	I	II	III	IV
<320m	-	17	16	15
<330m	14	13	12	11
<340m	-	10	9	8
<350m	-	7	6	5
<360m	4	3	2	1

Tab. 8.7 Bestimmung der potenziellen Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen

Weil die Stadt Oelsnitz/Erzgeb. nicht tiefer als +340 m HN-Niveau liegt, wurden weiterführend nur die Gefährpunkte zwischen 1 bis 10 zur Analyse herangezogen.

Im Endeffekt lassen sich die potenziellen Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen für die Stadt Oelsnitz/Erzgeb. in der Analyse mittels Fuzzy-Logik in Tabelle 8.8, Abbildung 8.15 und Anlage 5 darstellen.

> 10 Pkt. sehr gefährlich	Gebiete in 340 m HN-Niveau, auf denen eine Gefahr wegen großer Störungen (Lugauer Störung, Härtensdorfer Störung und Pluto-Schacht-Verwerfung) oder wegen Erdrissen besteht
	Gebiete in 350 m HN-Niveau, auf denen eine Gefahr wegen großer Störungen (Lugauer Störung, Härtensdorfer Störung und Pluto-Schacht-Verwerfung) oder wegen Erdrissen besteht
	übrige Gebiete in 350 m HN-Niveau
	Gebiete in 360 m HN-Niveau, auf denen eine Gefahr wegen großer Störungen (Lugauer Störung, Härtensdorfer Störung und Pluto-Schacht-Verwerfung), oder wegen Erdrissen besteht
	Gebiete in 360 m HN-Niveau, auf denen eine Gefahr wegen kleinerer Störungen besteht
< 1 Pkt. nicht gefährlich	übrige Gebiete in 360 m HN-Niveau
	übrige Gebiete

Tab. 8.8 Potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen

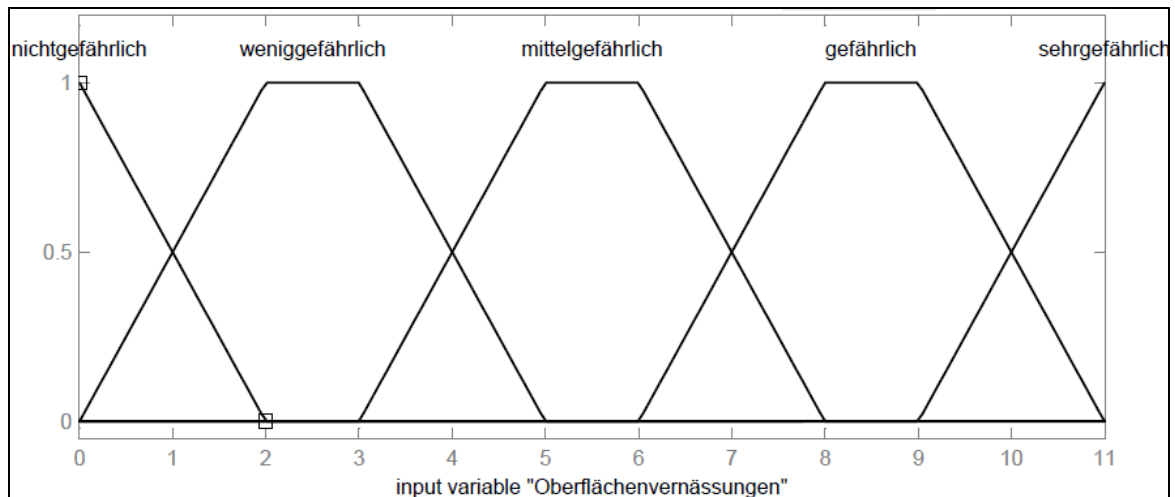


Abb. 8.15 Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable „Oberflächenvernässungen“

In Anlage 5 sind neben den Gefährdungsbereichen für Oberflächenvernässungen auch die in der Analyse untersuchten Bereiche dargestellt. Damit kann man feststellen, dass in den einzuschätzenden Immobilien keine Gefahr wegen Oberflächenvernässungen durch Grubenwasseranstieg besteht.

8.1.3 Sickerwassergefahr und bergbaubedingte Altlasten

Für die Stadt Oelsnitz/Erzgeb. wurden die Halden nach den im Kapitel 5.4.3 erwähnten chemischen Elementen unter anderem von Berrios [6] und Uhlmann [98] untersucht.

Die höchsten Verunreinigungen wurden in folgenden Gebieten nachgewiesen:

- Deutschlandschacht-Gebiet I und II,
- Albert-Funk-Schacht-Gebiet,
- Frieden-Hedwig-Schacht-Gebiet,
- Concordiaschacht-Gebiet und
- Kaiserin-Augusta-Schacht-Gebiet.

In Tabelle 8.9 sind zu den oben genannten Gebieten hinsichtlich Schadstoffkonzentration und möglicher Nutzung (u.a. Flächennutzungsplan Oelsnitz/Erzgeb.) die Gefahrpunkte zugeordnet.

Gefahr	mögliche Nutzung	Anzahl der chemischen Elemente, die mehr als 2-fach die Grenzwerte überschreiten	Gebiet
sehr gefährlich > 12 Pkt.	TW, TRW, BW	12	Deutschlandschachtgebiet I
	TW, TRW	12	Concordiaschachtgebiet
	TW, TRW	9	Kaiserin-Augusta Schachtgebiet
nicht gefährlich < 2 Pkt.	TW, TRW, BW	7	Frieden-Hedwig Schachtgebiet
	TW, TRW, BW	7	Albert-Funk Schachtgebiet
	TW, TRW, BW	0	Deutschlandschachtgebiet II
<ul style="list-style-type: none"> • TW - Trinkwasser • TRW - Tier-Trankwasser • BW - Garten-/Feldbewässerung 			

Tab. 8.9 Bestimmung der Sickerwassergefahrbereiche

Die Gefahrpunkte wurden weiterhin für die Bestimmung der Variable der Fuzzy-Regelung verwendet (Abb.8.16).

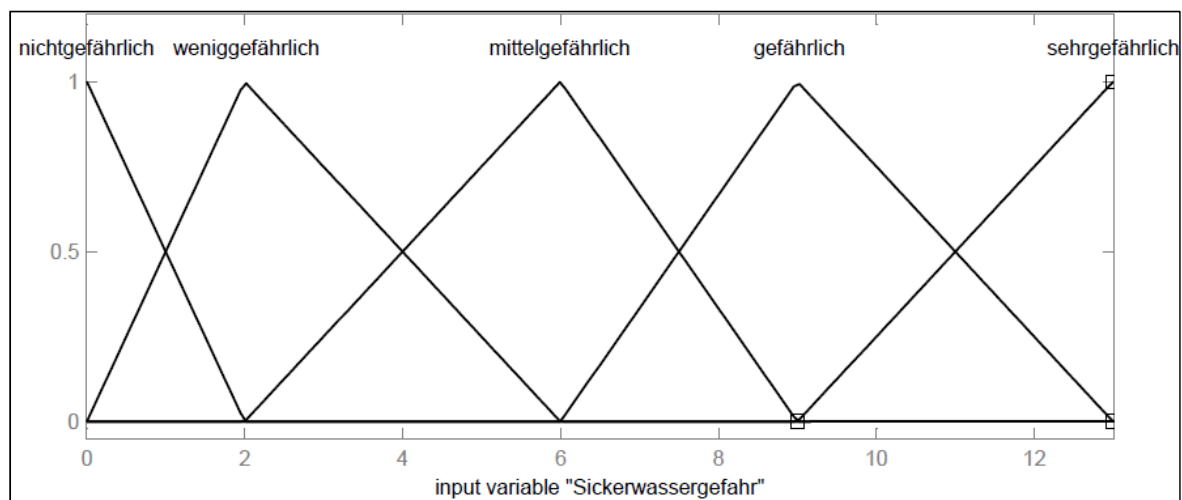


Abb. 8.16 Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable „Sickerwassergefahr“

In Verbindung mit den Abflussrichtungen sind in Anlage 6 die endgültigen Gefahrengebiete dargestellt.

Daraus folgt, dass nur einige der analysierten Objekte innerhalb des Gefahrengebietes liegen. Aufgrund dessen, dass das Albert-Funk-Schacht-Gebiet die Gefahrpunktzahl 7 aufweist, übernehmen sie die Objekte mit den Nummern 3, 8, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 und 20 als Variable 7 der „Sickerwassergefahr“ in der Fuzzy-Regelung. Die übrigen analysierten Objekte liegen außerhalb der Gefahrengebiete.

8.2 Immobilienspezifische Komponenten

8.2.1 Altlastenverdachtsflächengefahr - nicht bergbaubedingt

Auf dem Gebiet der Stadt Oelsnitz sind ca. 36 Altstandorte erfasst. Dabei handelt sich meistens um Tankstellen, Kfz-Werkstätten und kleinere Gewerbebetriebe. Für das Revier Lugau-Oelsnitz gab es keine wesentliche Kohleveredlung und daher existieren keine entsprechenden Altstandorte wie z. B. Kokereien und Teerfabriken [23].

In die Analyse wurden die Altlastenverdachtsflächen in Oelsnitz/Erzgeb. aus dem Landratsamt Erzgebirgskreis aufgenommen. Die Flächen wurden zunächst mit der beabsichtigten baulichen Nutzung zusammengestellt (Abb. 5.12) und mit Hilfe von ArcGIS als Karte erstellt (Anlage 7). Daraus erstellte Angaben wurden schließlich als Variablen für das weitere Fuzzy-Modell verwendet (Abb. 8.17).

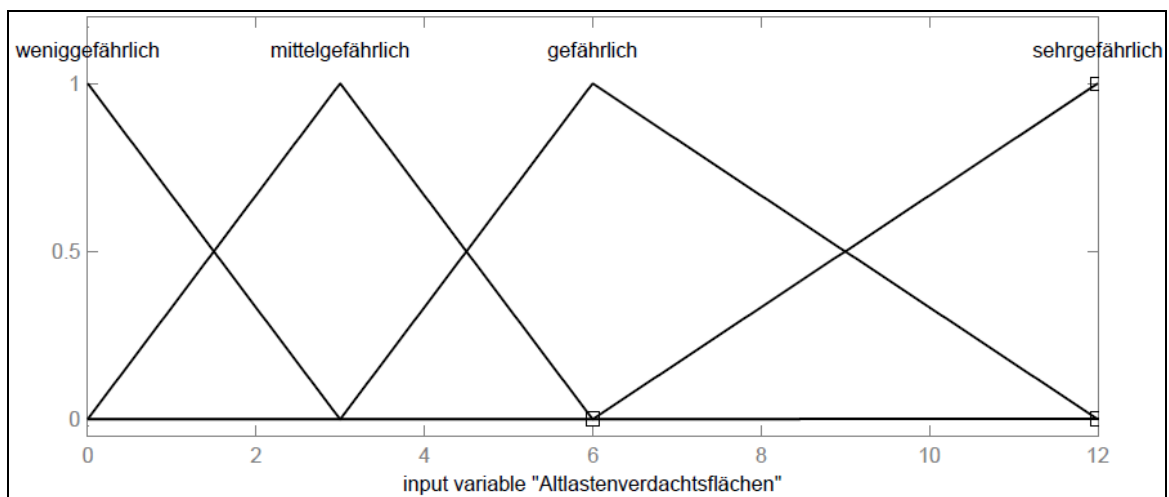


Abb. 8.17 Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable „Altlastenverdachtsflächen“

8.2.2 Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage

In Oelsnitz/Erzgeb. unterscheidet man oft den Hauptort Oelsnitz und den Ortsteil Neuoelsnitz. Die städtischen Achsen, die eine besondere Entwicklung der Stadt bedeuten, entwickeln sich im Hauptort Oelsnitz/Erzgeb. aus dem Zentralbereich entlang der Hauptaussfallstraßen sowie in den Bereich Hedwigschacht/Friedensschacht hinein. Eine Nebenachse verläuft nördlich der Concordiaschachthalde Richtung Bahnhof. Der Ortsteil Neuoelsnitz umfasst keinen zentralen Bereich, und die drei Achsen sind hier in einem Dreieck verbunden. Außerhalb der Achsen ist eine Entwicklung auch in mehreren kleinen Siedlungszentren ersichtlich. Diese stammen sowohl aus historischer als auch aus neuester Zeit. Für die Stadtentwicklung spielen auch die Gewerbezentren eine große Rolle. Dies sind sowohl historische Standorte (Deutschlandschacht, Kaiserin-Augusta-Schacht, Vereinenglückschacht) als auch ein neuer Standort - Gewerbegebiet „Am Hoffeld“. Alle diese Entwicklungsorte (Städtische Achsen, Siedlungs- und Ge-

werbezentren) wurden in einer Karte „Revitalisierung von Städten in ehemaligen Kohlebergbaugebieten“ abgebildet [23] und dienen als wesentliche Information für Investitionsentscheidungen in Oelsnitz/Erzgeb.

In der Analyse wurden in Verbindung mit dem Flächennutzungsplan und der oben genannten Karte die Lagekategorien in günstigste bis ungünstige Wohnimmobilien und Gewerbeimmobilien unterteilt. Die Kategorien wurden mit Rücksicht auf die Baunutzungsverordnung ausgewählt (s. Kapitel 5.5.2). Die Ergebnisse bilden sich in Anlagen 8 und 9 und Abb. 8.18 ab.

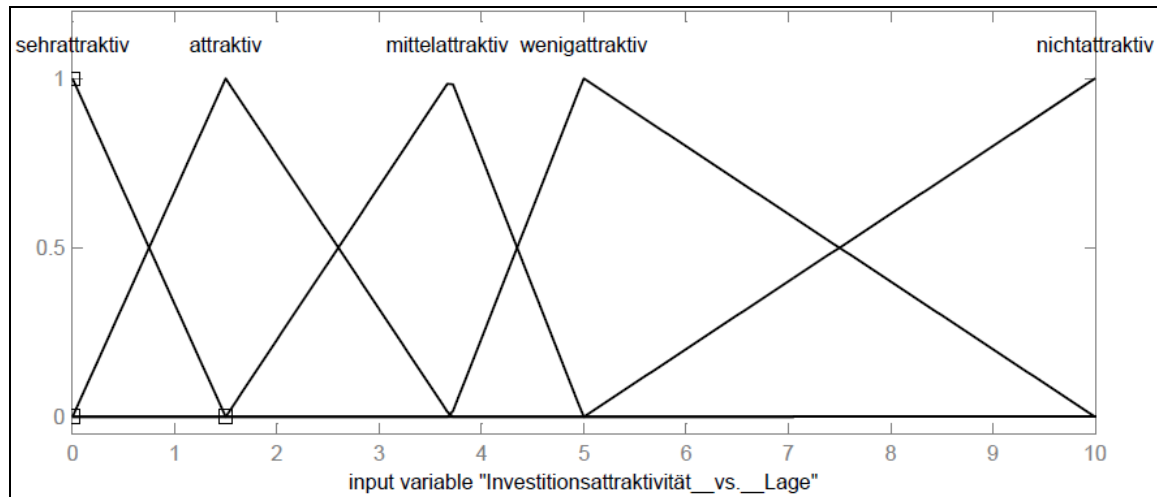


Abb. 8.18 Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable „Investitionsattraktivität vs. Lage“

8.2.3 Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten

Durch den südlichen Teil von Oelsnitz/Erzgeb. verläuft die Bundesautobahn 72 (A72) und verbindet die Stadt mit Stollberg und Zwickau. Diese Nachbarstädte sind über die Anschlussstellen Stollberg-Nord, Stollberg-West und Hartenstein zu erreichen. Nach Stollberg kann man auch von Oelsnitz/Erzgeb. mit der City-Bahn fahren. Die Bahnlinie Stollberg - St. Egidien führt durch die Gemeinde, und die Züge verkehren von St. Egidien durchgehend weiter über Glauchau bis Meerane. Außerdem wurde im Städtedreieck Stollberg, Oelsnitz, Lugau eine Regionalbuslinie -"Grüne Linie"- zwischen diesen Orten eingerichtet, um Wohngebiete, Einkaufsmärkte und Naherholungszentren besser und schneller erreichen zu können [47].

Gemäß Kapitel 5.5.3 wurden die Entfernungen von den Bus- und City-Bahnhaltestellen, der Autobahn und von den Hauptstraßen, die zu den Autobahnanschlussstellen führen, innerhalb der Ortschaft Oelsnitz/Erzgeb. untersucht und in Anlage 10 dargestellt.

Die obigen Bereiche wurden dann für die Fuzzy-Regelung verwendet (Abb. 8.19).

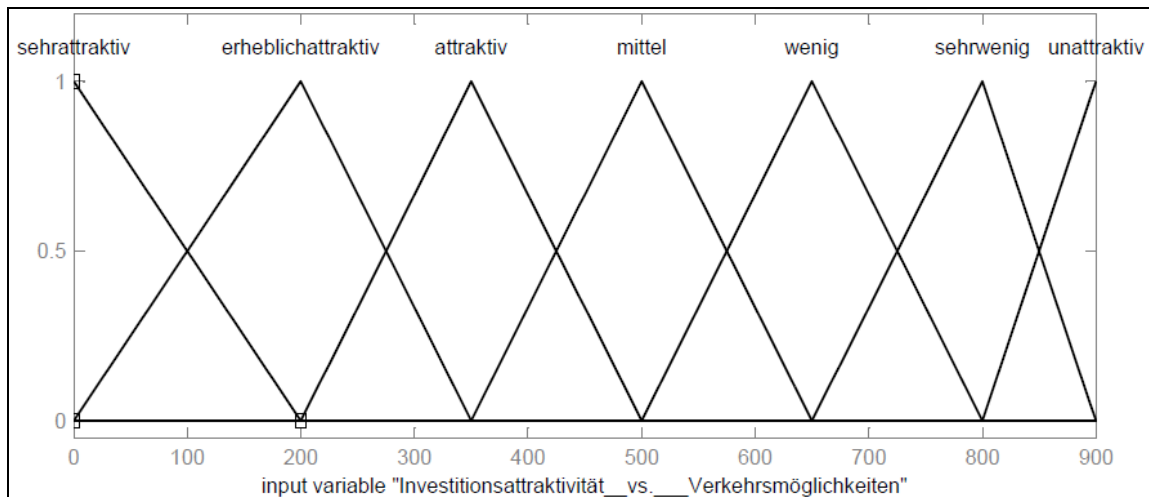


Abb. 8.19 Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable „Investitionsattraktivität vs. Verkehrsanbindungsmöglichkeiten“

8.3 Bestimmung des Risikoprämienbereiches für die analysierten Immobilien

Aufgrund der teilweise verbleibenden Ausstattung der analysierten Gebäude ist vorauszusehen, dass deren wahrscheinlichste Nachfolgenutzung der bisherigen Nutzung entsprechen wird. In der gegenwärtigen Arbeit werden somit entweder Wohn- oder Gewerbeimmobilien analysiert (Anlage 3), und deswegen müssen deren Risikoprämien getrennt bearbeitet werden. Alle Miet- und Kaufpreisangaben kommen hier aus dem Immobilienmarkt Oelsnitz/Erzgeb. [41].

- Bestimmung des Umfangs der Risikoprämie für Wohnimmobilien:

Miete von analysierten Immobilien	1 bis 6 €/ m ² (durchschnittlich ca. 3,5 €/ m ²),
Miete von Basisimmobilien	1 bis 3 €/ m ² (durchschnittlich ca. 2,0 €/ m ²),
Bewirtschaftungskosten [14]	21-29 %,
Kaufpreis der Basisimmobilien	188 bis 431 €/ m ² ,
risikofreier Zins = Umlaufrendite [25]	2,9 %.

Nach Formel 5.25:

$$CF = 3,5 \times 12 \times (1-0,29) = 29,82 , \quad (8.1)$$

$$CF_{\min} = 1 \times 12 \times (1-0,29) = 8,52 , \quad (8.2)$$

$$CF_b = 2 \times 12 \times (1-0,21) = 18,96 , \quad (8.3)$$

$$CF_{b\min} = 1 \times 12 \times (1-0,21) = 9,48 . \quad (8.4)$$

Nach Formel 5.17:

$$r_b = 4,40 \% \text{ bis } 10,09 \% . \quad (8.5)$$

Nach Formel 5.27:

$$p_{\max} = 10,09 \% \cdot \left(\frac{29,82}{8,52} \right) \cdot \left(\frac{9,48}{18,96} \right) - 2,9 \% = 14,75 \% , \quad (8.6)$$

$$p_{\max} = 14,75 \% . \quad (8.7)$$

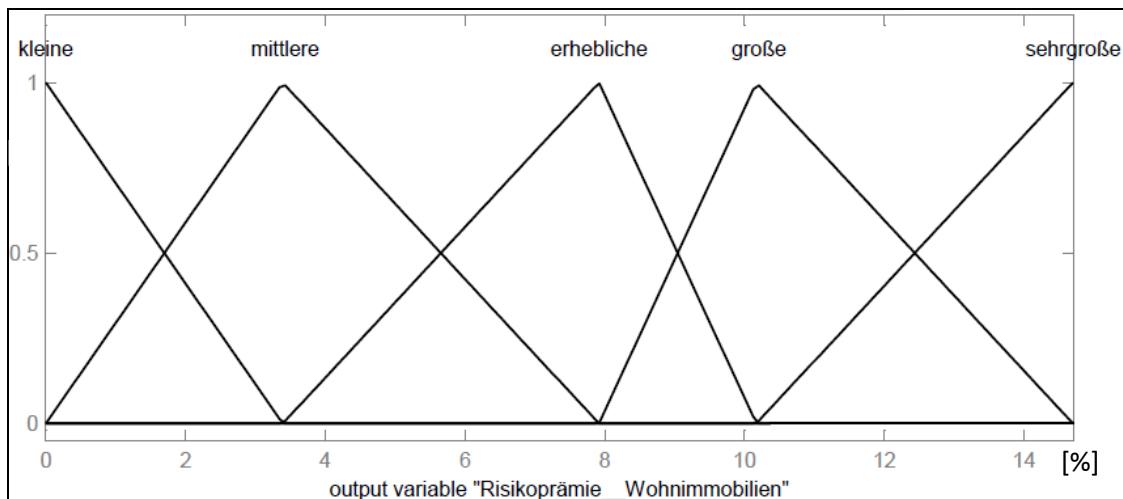


Abb. 8.20 Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable „Risikoprämie für Wohnimmobilien“

- Bestimmung des Umfangs der Risikoprämie für Gewerbeimmobilien:

Miete von analysierten Immobilien	3 bis 15 €/ m ² (durchschnittlich ca. 9,0 €/ m ²),
Miete von Basisimmobilien	1 bis 7 €/ m ² (durchschnittlich ca. 4,0 €/ m ²),
Bewirtschaftungskosten [14]	18-23 %,
Kaufpreis der Basisimmobilien	81 bis 609 €/ m ² ,
risikofreier Zins = Umlaufrendite [25]	2,9 %.

Nach Formel 5.25:

$$CF = 9 \times 12 \times (1-0,23) = 83,16, \quad (8.8)$$

$$CF_{\min} = 3 \times 12 \times (1-0,23) = 27,72 , \quad (8.9)$$

$$CF_b = 4 \times 12 \times (1-0,18) = 39,36 , \quad (8.10)$$

$$CF_{b\min} = 1 \times 12 \times (1-0,18) = 9,84 . \quad (8.11)$$

Nach Formel 5.17:

$$r_b = 6,46 \% \text{ bis } 48,59 \% , \quad (8.12)$$

Nach Formel 5.27:

$$p_{\max} = 48,59\% \cdot \left(\frac{83,16}{27,72} \right) \cdot \left(\frac{9,84}{39,36} \right) - 2,9\% = 33,54\%, \quad (8.13)$$

$$p_{\max} = 33,54\% \quad (8.14)$$

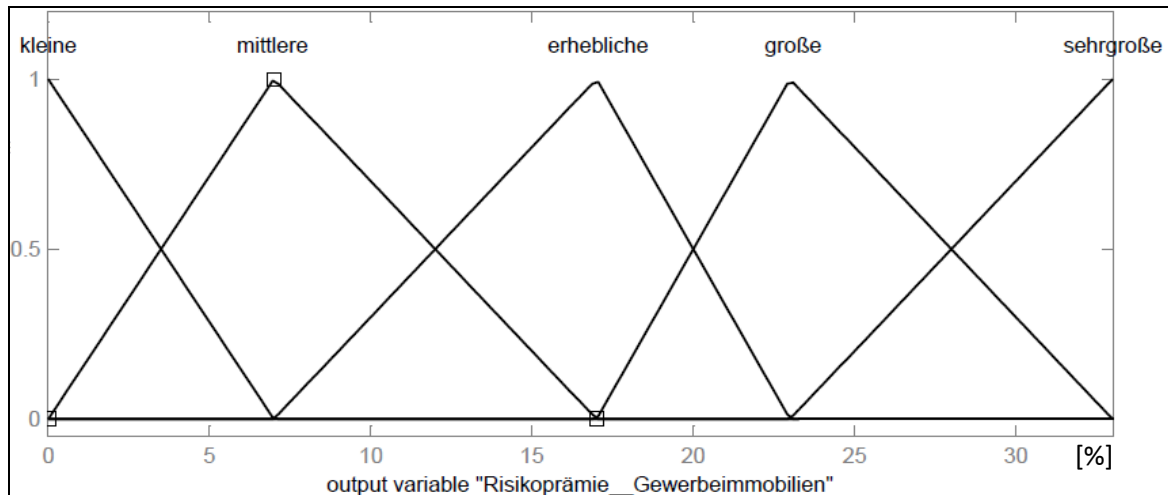


Abb. 8.21 Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable „Risikoprämie für Gewerbeimmobilien“

8.4 Berechnung der Risikoprämie für die analysierten Immobilien

Anhand der obigen analysierten Komponenten wurden in diesem Kapitel die Risikoprämien für die analysierten Immobilien in Oelsnitz/Erzgeb. mittels der Fuzzy-Logik berechnet.

Der detaillierte Berechnungsablauf wurde hier nur für das ausgewählte **Objekt Nr. 25** präsentiert. Alle übrigen Objekte wurden mit Hilfe der MATLAB Fuzzy Logic Toolbox ausgerechnet.

Das Objekt Nr. 25 ist eine Halle vom Gebäudekomplex des ehemaligen Kaiserin-Augusta-Schachtes und wurde in den Bergbauzeiten als Schmiede benutzt. Das Gebäude, in dem Stahlträger mit Ausfachung verwendet wurden, ist als Kubus aus Ziegelmauerwerk in gotischem Verband bekannt. Es wurde mit durchfensterten Wandflächen und mansardartigem Dach mit Glasflächen gebaut. Seit ein paar Jahren wird es nicht mehr benutzt.

In der Analyse wurde das Objekt Nr. 25 zum Gewerbe- bzw. Industriegebäude klassifiziert.

Fuzzifizierung

- für die linguistische Variable „bergbaubedingte Wertminderungen“ bekommt das Objekt Nr. 25 den Wert 1,7 (s. Tab. 8.5) und demzufolge gehört es zu den unscharfen Mengen „keine“ und „wenige“.

Diese Mengen stellen sich nach der Formel 6.3 wie folgt dar:

$$B = \begin{cases} \mu_{keine}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \vee x \geq 2 \\ -0,2x + 1, & 0 < x < 5 \end{cases} \\ \mu_{wenige}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \vee x \geq 10 \\ 0,2x, & 0 < x \leq 5 \\ -0,2x + 2, & 5 < x < 10 \end{cases} \end{cases} \quad (8.15)$$

Daraus folgen die Zugehörigkeitsgrade in Abbildung 8.22 dargestellter Form:

$$\mu_{keine}(1,7) = 0,66, \quad (8.16)$$

$$\mu_{wenige}(1,7) = 0,34. \quad (8.17)$$

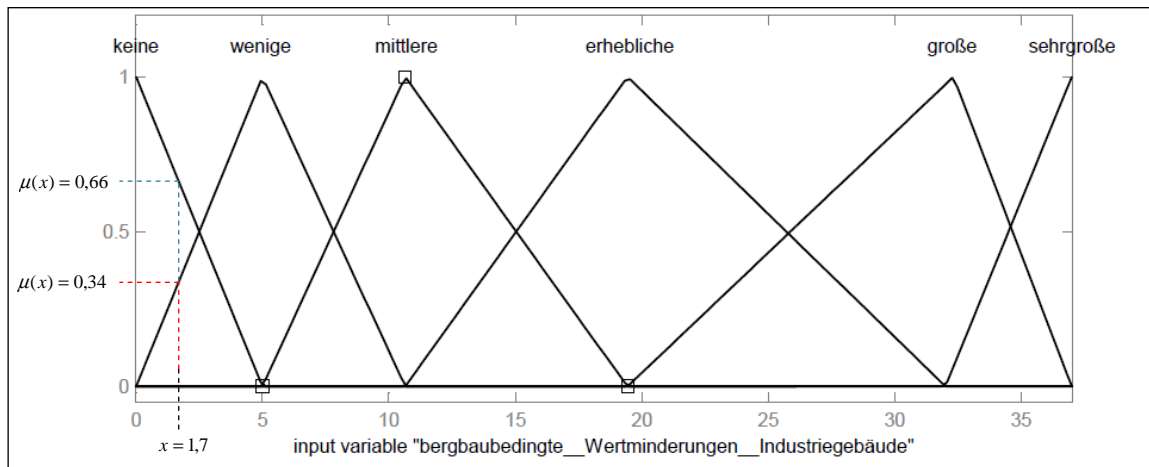


Abb. 8.22 Fuzzifizierung der linguistischen Variable „bergbaubedingte Wertminderungen“ für Industriegebäude

- für die linguistische Variable „Potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernäsungen“ bekommt das Objekt Nr. 25 den Wert 0,3 (s. Anlage 3 und 5), und demzufolge gehört es zu den unscharfen Mengen „nicht gefährlich“ und „wenig gefährlich“.

Diese Mengen stellen sich nach der Formel 6.4 wie folgt dar:

$$V = \begin{cases} \mu_{nicht\ gefährlich}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \vee x \geq 2 \\ -0,5x + 1, & 0 < x < 2 \end{cases} \\ \mu_{wenig\ gefährlich}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \vee x \geq 5 \\ -0,5x, & 0 < x \leq 2 \\ 1, & 2 < x \leq 3 \\ -0,5x + 2,5, & 3 < x < 5 \end{cases} \end{cases} \quad (8.18)$$

Daraus folgen die Zugehörigkeitsgrade in Abbildung 8.23 dargestellter Form:

$$\mu_{nicht\ gefährlich}(0,3) = 0,85, \quad (8.19)$$

$$\mu_{wenig\ gefährlich}(0,3) = 0,15. \quad (8.20)$$

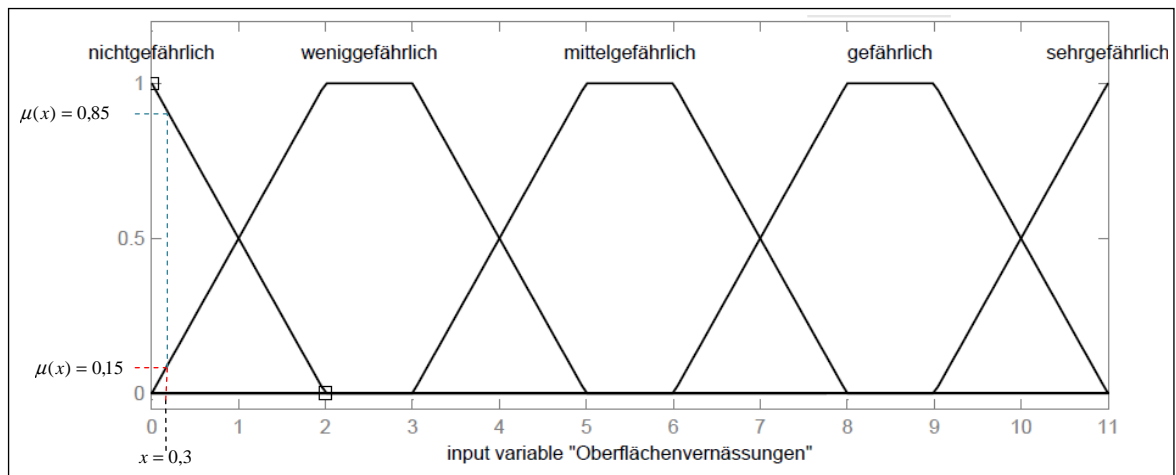


Abb. 8.23 Fuzzifizierung der linguistischen Variable „Oberflächenvernässungen“

- für die linguistische Variable „Sickerwassergefahr“ bekommt das Objekt Nr. 25 den Wert 1,2 (s. Anlage 3 und 5), und demzufolge gehört es zu den unscharfen Mengen „nicht gefährlich“ und „wenig gefährlich“.

Diese Mengen stellen sich nach der Formel 6.3 wie folgt dar:

$$S = \left\{ \begin{array}{l} \mu_{\text{nicht gefährlich}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \vee x \geq 2 \\ -0,5x + 1, & 0 < x < 2 \end{cases} \\ \mu_{\text{wenig gefährlich}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \vee x \geq 6 \\ 0,5x, & 0 < x \leq 2 \\ -0,25x + 1,5, & 2 < x < 6 \end{cases} \end{array} \right. \quad (8.21)$$

Daraus folgen die Zugehörigkeitsgrade in Abbildung 8.24 dargestellter Form:

$$\mu_{\text{nicht gefährlich}}(1,2) = 0,4, \quad (8.22)$$

$$\mu_{\text{wenig gefährlich}}(1,2) = 0,6. \quad (8.23)$$

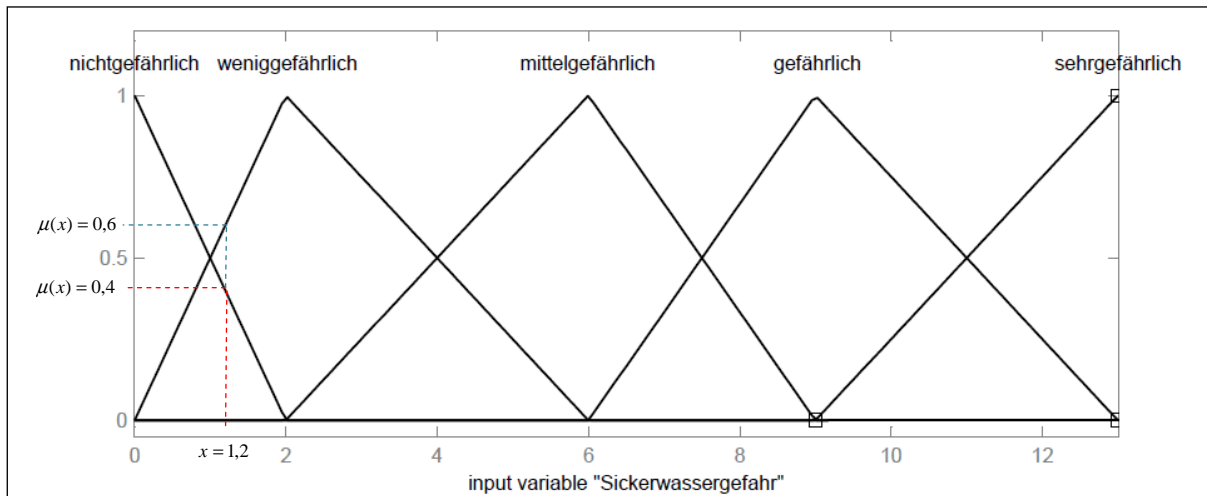


Abb. 8.24 Fuzzifizierung der linguistischen Variable „Sickerwassergefahr“

- für die linguistische Variable „Altlastenverdachtsflächengefahr“ bekommt das Objekt Nr. 25 den Wert 1 (s. Anlage 3 und 7), und demzufolge gehört es zu den unscharfen Mengen „wenig gefährlich“ und „mittel gefährlich“.

Diese Mengen stellen sich nach der Formel 6.3 wie folgt dar:

$$A = \left\{ \begin{array}{l} \mu_{\text{nicht gefährlich}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \vee x \geq 3 \\ -0,333x + 1, & 0 < x < 3 \end{cases} \\ \mu_{\text{mittel gefährlich}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \vee x \geq 6 \\ 0,333x, & 0 < x \leq 3 \\ -0,333x + 2, & 3 < x < 6 \end{cases} \end{array} \right. \quad (8.24)$$

Daraus folgen die Zugehörigkeitsgrade in Abbildung 8.25 dargestellter Form:

$$\mu_{\text{wenig gefährlich}}(1) = 0,67, \quad (8.25)$$

$$\mu_{\text{mittel gefährlich}}(1) = 0,33. \quad (8.26)$$

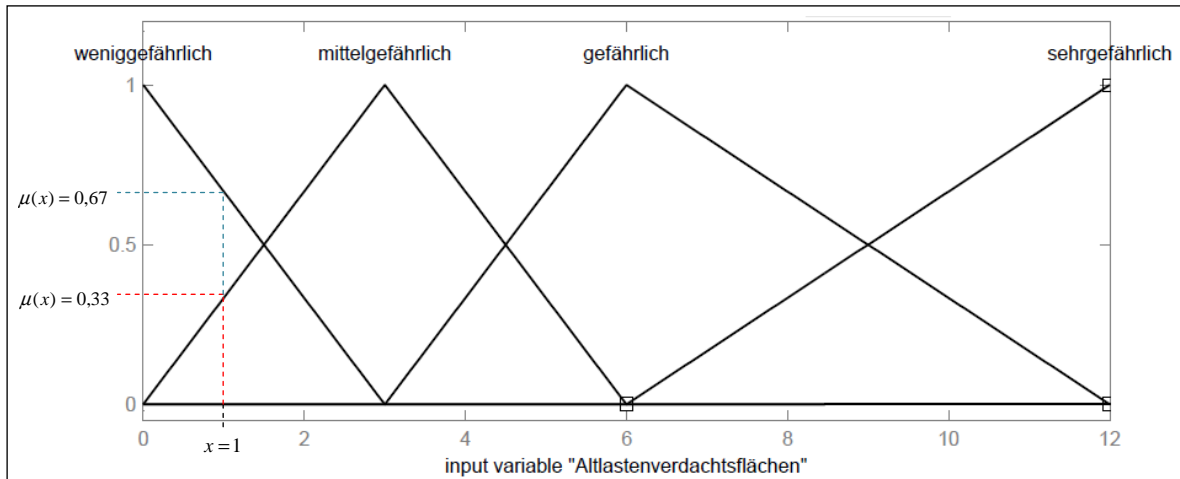


Abb. 8.25 Fuzzifizierung der linguistischen Variable „Altlastenverdachtsflächen“

- für die linguistische Variable „Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage“ bekommt das Objekt Nr. 25 den Wert 2,6 (s. Anlage 3 und 9), und demzufolge gehört es zu den unscharfen Mengen „attraktiv“ und „mittel attraktiv“.

Diese Mengen stellen sich nach der Formel 6.3 wie folgt dar:

$$L = \left\{ \begin{array}{l} \mu_{attraktiv}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \vee x \geq 3,7 \\ 0,667x, & 0 < x < 1,5 \\ -0,455x + 1,682, & 1,5 < x < 3,7 \end{cases} \\ \mu_{mittel attraktiv}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 1,5 \vee x \geq 5 \\ 0,455x - 0,682, & 1,5 < x \leq 3,7 \\ -0,769x + 3,846, & 3,7 < x < 5 \end{cases} \end{array} \right. \quad (8.27)$$

Daraus folgen die Zugehörigkeitsgrade in Abbildung 8.26 dargestellter Form:

$$\mu_{attraktiv}(2,6) = 0,50, \quad (8.28)$$

$$\mu_{mittel attraktiv}(2,6) = 0,50. \quad (8.29)$$

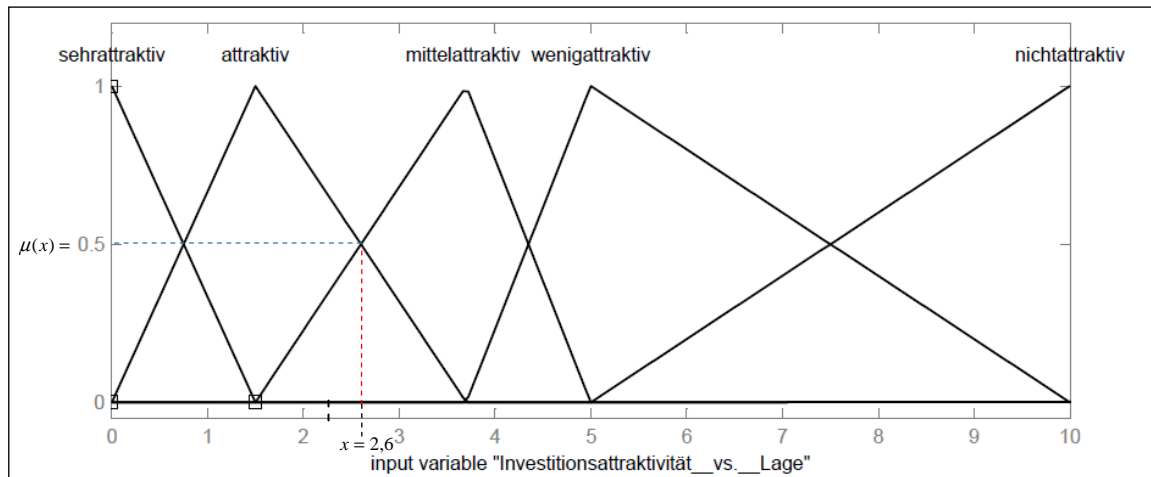


Abb. 8.26 Fuzzifizierung der linguistischen Variable „Investitionsattraktivität vs. Lage“

- für die linguistische Variable „Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten“ bekommt das Objekt Nr. 25 den Wert 140 (s. Anlage 3 und 10), und demzufolge gehört es zu den unscharfen Mengen „sehr attraktiv“ und „erheblich attraktiv“.

Diese Mengen stellen sich nach der Formel 6.3 wie folgt dar:

$$Ver = \begin{cases} \mu_{sehr\ attraktiv}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \vee x \geq 200 \\ -0,005x + 1, & 0 < x < 200 \end{cases} \\ \mu_{erheblich\ attraktiv}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \vee x \geq 350 \\ 0,005x, & 0 < x \leq 200 \\ -0,007x + 2,333, & 200 < x < 350 \end{cases} \end{cases} \quad (8.30)$$

Daraus folgen die Zugehörigkeitsgrade in Abbildung 8.27 dargestellter Form:

$$\mu_{sehr\ attraktiv}(140) = 0,30, \quad (8.31)$$

$$\mu_{erheblich\ attraktiv}(140) = 0,70. \quad (8.32)$$

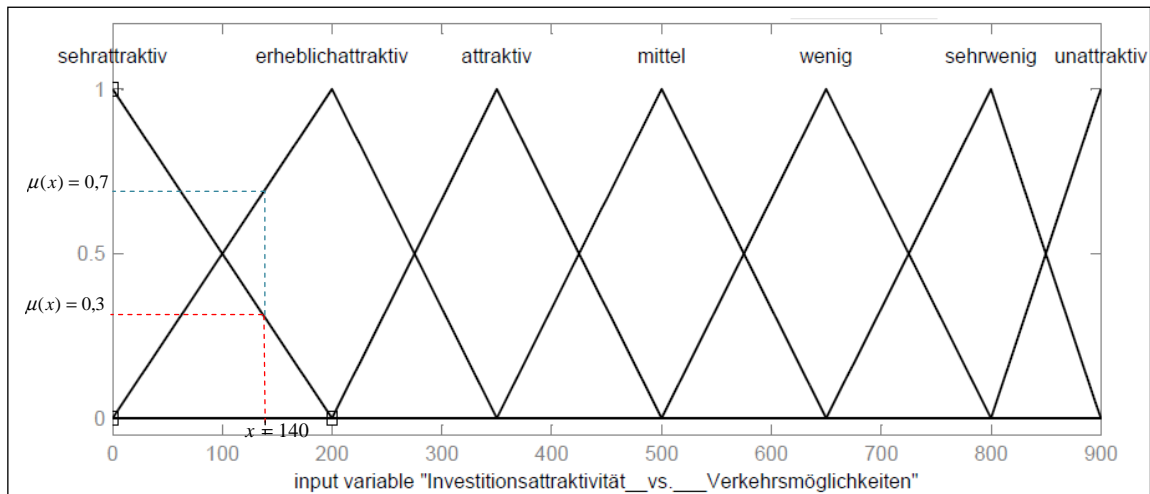


Abb. 8.27 Fuzzifizierung der linguistischen Variable „Investitionsattraktivität vs. Verkehrsanbindungsmöglichkeiten“

Fuzzy-Interferenz

Aggregation

Für die Aggregation der Zugehörigkeitsfunktionen wurde in der Analyse der häufig genutzte Operator PROD verwendet (s. Kapitel 6.2.2), weil er zu erhöhter Empfindlichkeit des Fuzzy-Modells führt.

- Die Erfüllungstheitsgrade der Regeln für den Risikozuschlag p_s der standortspezifischen Komponenten (Bergbau-Komponenten):
 - für die bergbaubedingten Wertminderungen „keine“, die potenziellen Gefährdungsbe-
reiche für Oberflächenvernässungen „nicht gefährlich“ und die Sickerwassergefahr
„nicht gefährlich“

$$\mu_{\text{keine}}(1,7) \cdot \mu_{\text{nicht gefährlich}}(0,3) \cdot \mu_{\text{nicht gefährlich}}(1,2) = 0,66 \cdot 0,85 \cdot 0,40 = 0,22, \quad (8.33)$$

- für die bergbaubedingten Wertminderungen „keine“, die potenziellen Gefährdungsbe-
reiche für Oberflächenvernässungen „nicht gefährlich“ und die Sickerwassergefahr
„wenig gefährlich“

$$\mu_{\text{keine}}(1,7) \cdot \mu_{\text{nicht gefährlich}}(0,3) \cdot \mu_{\text{wenig gefährlich}}(1,2) = 0,66 \cdot 0,85 \cdot 0,60 = 0,34, \quad (8.34)$$

- für die bergbaubedingten Wertminderungen „keine“, die potenziellen Gefährdungsbe-
reiche für Oberflächenvernässungen „wenig gefährlich“ und die Sickerwassergefahr
„nicht gefährlich“

$$\mu_{\text{keine}}(1,7) \cdot \mu_{\text{wenig gefährlich}}(0,3) \cdot \mu_{\text{nicht gefährlich}}(1,2) = 0,66 \cdot 0,15 \cdot 0,40 = 0,04, \quad (8.35)$$

- für die bergbaubedingten Wertminderungen „keine“, die potenziellen Gefährdungsbe-
reiche für Oberflächenvernässungen „wenig gefährlich“ und die Sickerwassergefahr
„wenig gefährlich“

$$\mu_{keine}(1,7) \cdot \mu_{wenig\ gefährlich}(0,3) \cdot \mu_{wenig\ gefährlich}(1,2) = 0,66 \cdot 0,15 \cdot 0,60 = 0,06, \quad (8.36)$$

- für die bergbaubedingten Wertminderungen „wenige“, die potenziellen Gefährdungsbe-
reiche für Oberflächenvernässungen „nicht gefährlich“ und die Sickerwassergefahr
„nicht gefährlich“

$$\mu_{wenige}(1,7) \cdot \mu_{nicht\ gefährlich}(0,3) \cdot \mu_{nicht\ gefährlich}(1,2) = 0,34 \cdot 0,85 \cdot 0,40 = 0,12, \quad (8.37)$$

- für die bergbaubedingten Wertminderungen „wenige“, die potenziellen Gefährdungsbe-
reiche für Oberflächenvernässungen „nicht gefährlich“ und die Sickerwassergefahr
„wenig gefährlich“

$$\mu_{wenige}(1,7) \cdot \mu_{nicht\ gefährlich}(0,3) \cdot \mu_{wenig\ gefährlich}(1,2) = 0,34 \cdot 0,85 \cdot 0,60 = 0,17, \quad (8.38)$$

- für die bergbaubedingten Wertminderungen „wenige“, die potenziellen Gefährdungsbe-
reiche für Oberflächenvernässungen „wenig gefährlich“ und die Sickerwassergefahr
„nicht gefährlich“

$$\mu_{wenige}(1,7) \cdot \mu_{wenig\ gefährlich}(0,3) \cdot \mu_{nicht\ gefährlich}(1,2) = 0,34 \cdot 0,15 \cdot 0,40 = 0,02, \quad (8.39)$$

- für die bergbaubedingten Wertminderungen „wenige“, die potenziellen Gefährdungsbe-
reiche für Oberflächenvernässungen „wenig gefährlich“ und die Sickerwassergefahr
„wenig gefährlich“

$$\mu_{wenige}(1,7) \cdot \mu_{wenig\ gefährlich}(0,3) \cdot \mu_{wenig\ gefährlich}(1,2) = 0,34 \cdot 0,15 \cdot 0,60 = 0,03. \quad (8.40)$$

Implikation

Für die Bestimmung des Risikozuschlags p_s der standortspezifischen Komponenten dienen die folgenden Zugehörigkeitsfunktionen:

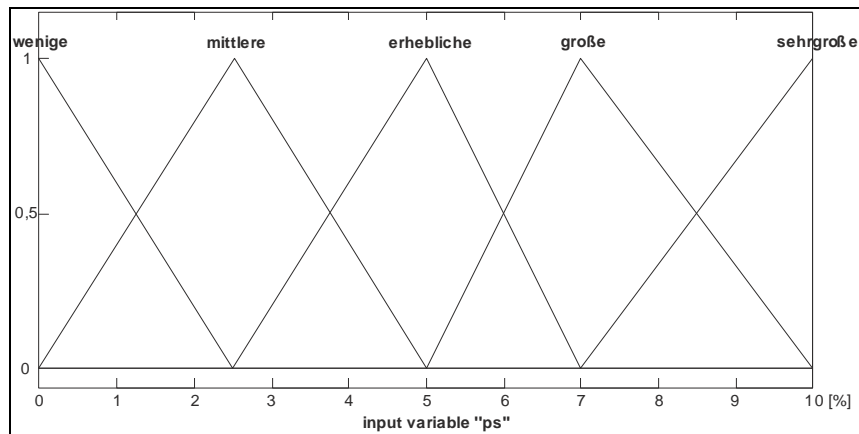


Abb. 8.28 Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable „Risikozuschlag p_s “ der standortspezifischen Komponenten

In der Implikation wurde der Operator MIN (Mamdani-Operator) verwendet (s. Kapitel 6.2.2). Anhand der Regeln in Anlage 2 bilden sich die Output-Variablen wie folgt:

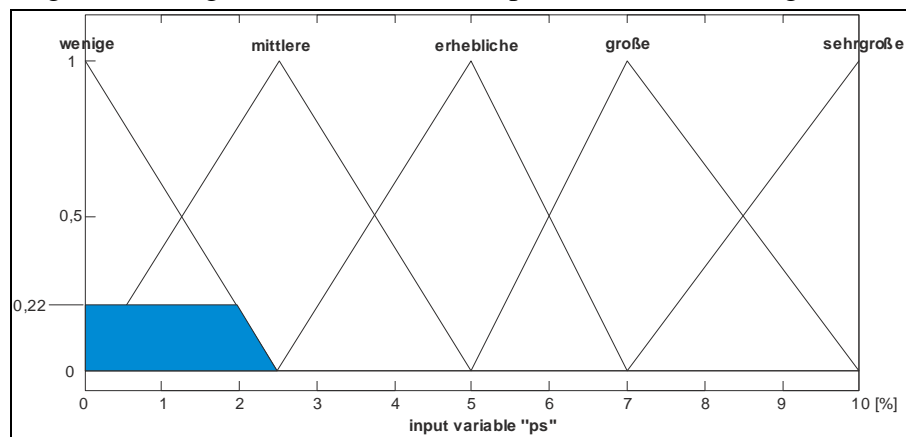


Abb. 8.29 Das Implikationsergebnis der Mengen: bergbaubedingte Wertminderungen „keine“, potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen „nicht gefährlich“ und Sickerwassergefahr „nicht gefährlich“

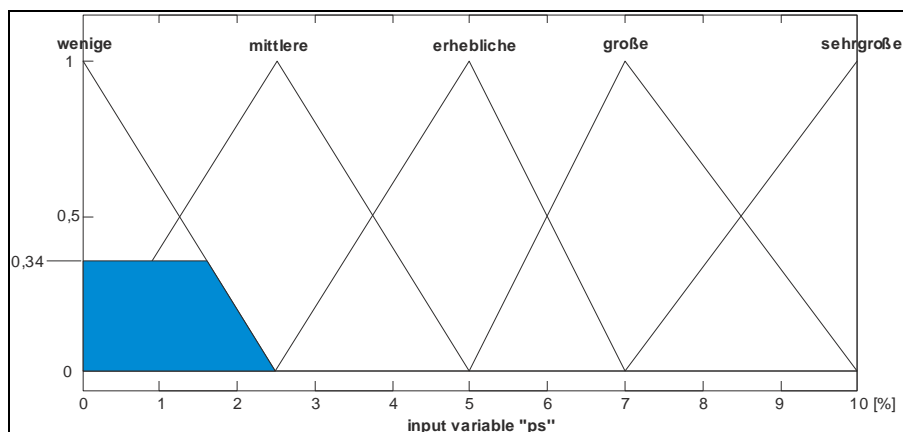


Abb. 8.30 Das Implikationsergebnis der Mengen: bergbaubedingte Wertminderungen „keine“, potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen „nicht gefährlich“ und Sickerwassergefahr „wenig gefährlich“

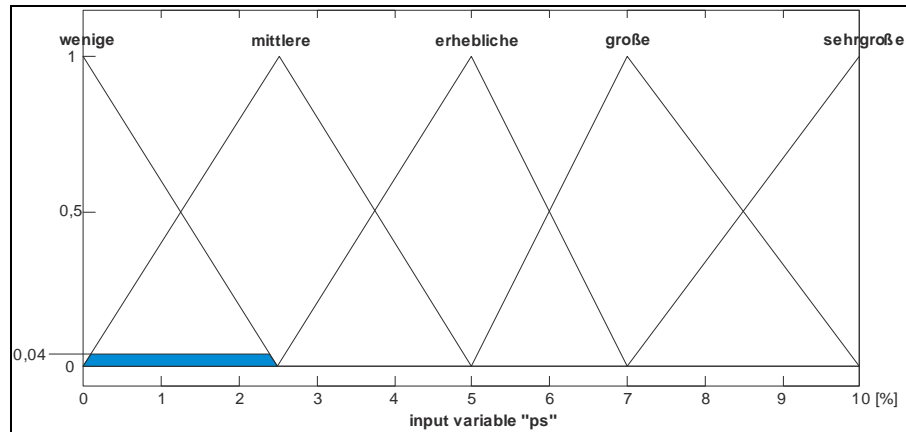


Abb. 8.31

Das Implikationsergebnis der Mengen: bergbaubedingte Wertminderungen „keine“, potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen „wenig gefährlich“ und Sickerwassergefahr „nicht gefährlich“

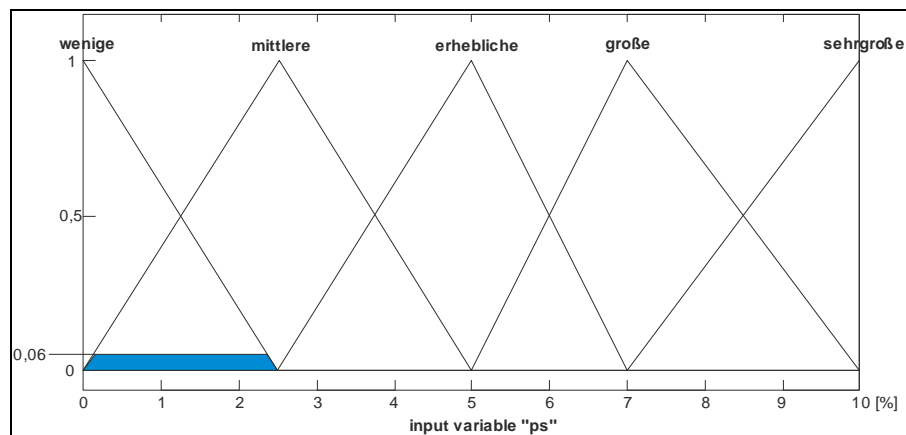


Abb. 8.32

Das Implikationsergebnis der Mengen: bergbaubedingte Wertminderungen „keine“, potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen „wenig gefährlich“ und Sickerwassergefahr „wenig gefährlich“

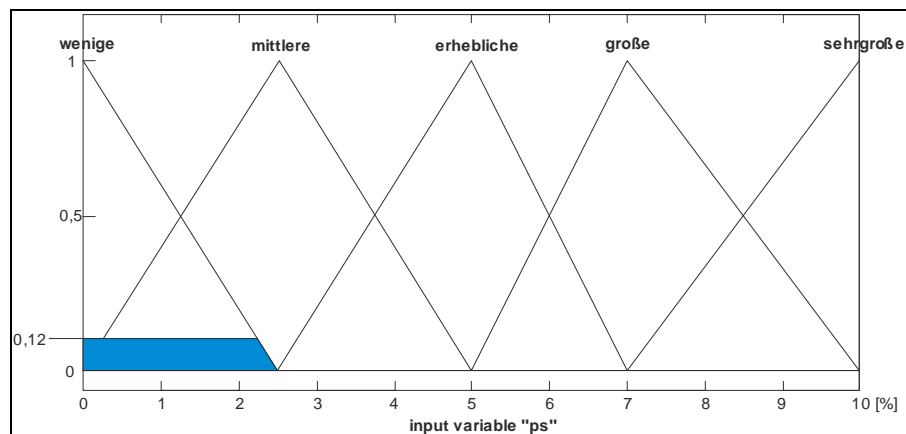


Abb. 8.33

Das Implikationsergebnis der Mengen: bergbaubedingte Wertminderungen „wenige“, potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen „nicht gefährlich“ und Sickerwassergefahr „nicht gefährlich“

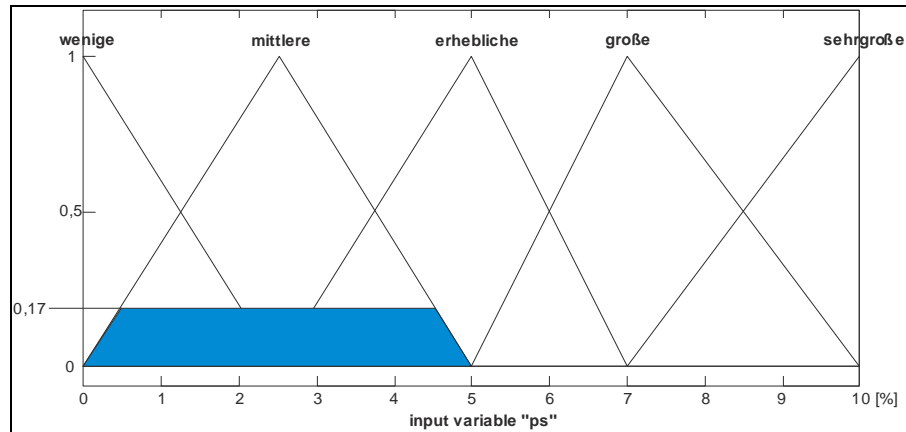


Abb. 8.34

Das Implikationsergebnis der Mengen: bergbaubedingte Wertminderungen „wenige“, potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen „nicht gefährlich“ und Sickerwassergefahr „wenig gefährlich“

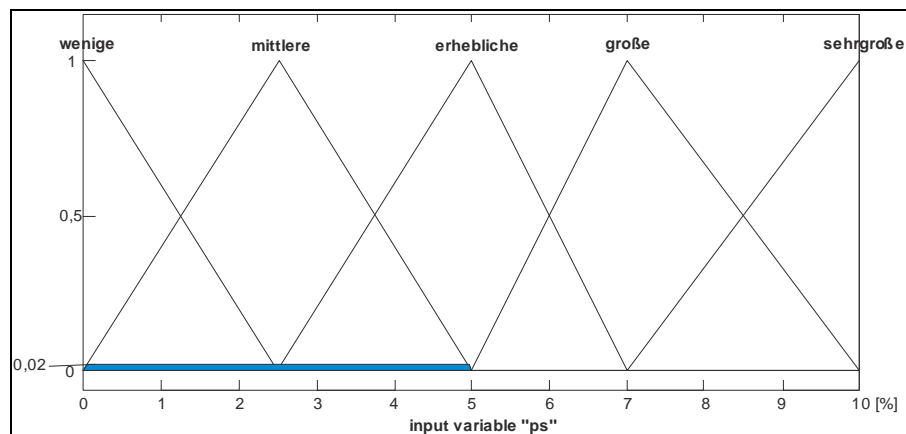


Abb. 8.35

Das Implikationsergebnis der Mengen: bergbaubedingte Wertminderungen „wenige“, potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen „wenig gefährlich“ und Sickerwassergefahr „nicht gefährlich“

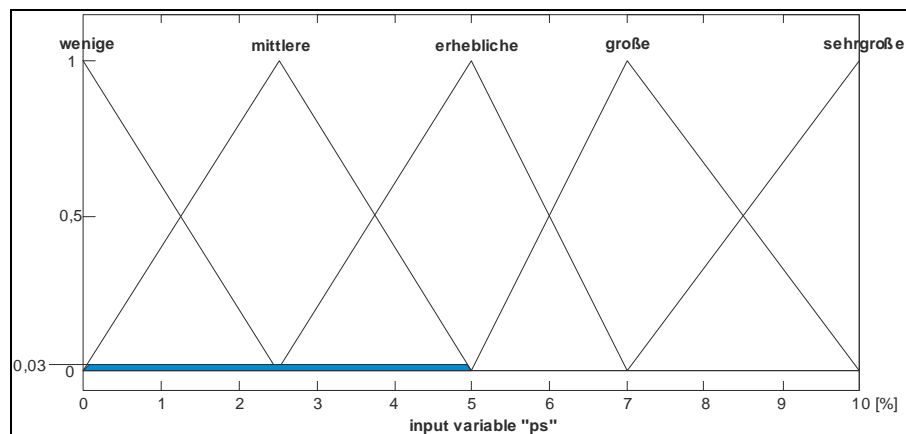


Abb. 8.36

Das Implikationsergebnis der Mengen: bergbaubedingte Wertminderungen „wenige“, potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen „wenig gefährlich“ und Sickerwassergefahr „wenig gefährlich“

Akkumulation

Im Endergebnis der Fuzzy-Interferenz wurden alle Implikationsergebnisse mittels des Maximum-Operators zusammengefügt (Abb. 8.37).

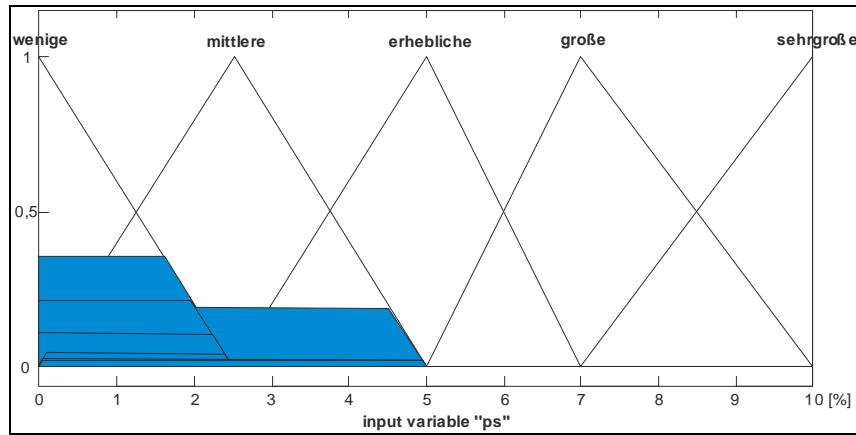


Abb. 8.37 Ergebnis der Fuzzy-Interferenz für den Risikozuschlag p_s der standortspezifischen Komponenten

- Die Erfüllungsthegrade der Regeln für den Risikozuschlag p_I der immobilien-spezifischen Komponenten:
 - für die Altlastenverdachtsflächengefahr „wenig gefährlich“, die Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „attraktiv“ und die Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „sehr attraktiv“

$$\mu_{\text{wenig gefährlich}}(1) \cdot \mu_{\text{attraktiv}}(2,6) \cdot \mu_{\text{sehr attraktiv}}(140) = 0,67 \cdot 0,50 \cdot 0,30 = 0,10, \quad (8.41)$$

- für die Altlastenverdachtsflächengefahr „wenig gefährlich“, die Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „attraktiv“ und die Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „erheblich attraktiv“

$$\mu_{\text{wenig gefährlich}}(1) \cdot \mu_{\text{attraktiv}}(2,6) \cdot \mu_{\text{erheblich attraktiv}}(140) = 0,67 \cdot 0,50 \cdot 0,70 = 0,23, \quad (8.42)$$

- für die Altlastenverdachtsflächengefahr „wenig gefährlich“, die Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „mittelattraktiv“ und die Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „sehr attraktiv“

$$\mu_{\text{wenig gefährlich}}(1) \cdot \mu_{\text{mittel attraktiv}}(2,6) \cdot \mu_{\text{sehr attraktiv}}(140) = 0,67 \cdot 0,50 \cdot 0,30 = 0,10, \quad (8.43)$$

- für die Altlastenverdachtsflächengefahr „wenig gefährlich“, die Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „mittelattraktiv“ und die Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „erheblich attraktiv“

$$\mu_{\text{wenig gefährlich}}(1) \cdot \mu_{\text{mittel attraktiv}}(2,6) \cdot \mu_{\text{erheblich attraktiv}}(140) = 0,67 \cdot 0,50 \cdot 0,70 = 0,23, \quad (8.44)$$

- für die Altlastenverdachtsflächengefahr „mittelgefährlich“, die Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „attraktiv“ und die Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „sehr attraktiv“

$$\mu_{\text{mittel gefährlich}}(1) \cdot \mu_{\text{attraktiv}}(2,6) \cdot \mu_{\text{sehr attraktiv}}(140) = 0,33 \cdot 0,50 \cdot 0,30 = 0,05, \quad (8.45)$$

- für die Altlastenverdachtsflächengefahr „mittelgefährlich“, die Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „attraktiv“ und die Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „erheblich attraktiv“

$$\mu_{\text{mittel gefährlich}}(1) \cdot \mu_{\text{attraktiv}}(2,6) \cdot \mu_{\text{erheblich attraktiv}}(140) = 0,33 \cdot 0,50 \cdot 0,70 = 0,12, \quad (8.46)$$

- für die Altlastenverdachtsflächengefahr „mittelgefährlich“, die Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „mittelattraktiv“ und die Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „sehr attraktiv“

$$\mu_{\text{mittel gefährlich}}(1) \cdot \mu_{\text{mittel attraktiv}}(2,6) \cdot \mu_{\text{sehr attraktiv}}(140) = 0,33 \cdot 0,50 \cdot 0,30 = 0,05, \quad (8.47)$$

- für die Altlastenverdachtsflächengefahr „mittelgefährlich“, die Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „mittelattraktiv“ und die Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „erheblich attraktiv“

$$\mu_{\text{mittel gefährlich}}(1) \cdot \mu_{\text{mittel attraktiv}}(2,6) \cdot \mu_{\text{erheblich attraktiv}}(140) = 0,33 \cdot 0,50 \cdot 0,70 = 0,12. \quad (8.48)$$

Implikation

Für die Bestimmung des Risikozuschlags p_I der immobilienpezifischen Komponenten dienen folgende Zugehörigkeitsfunktionen:

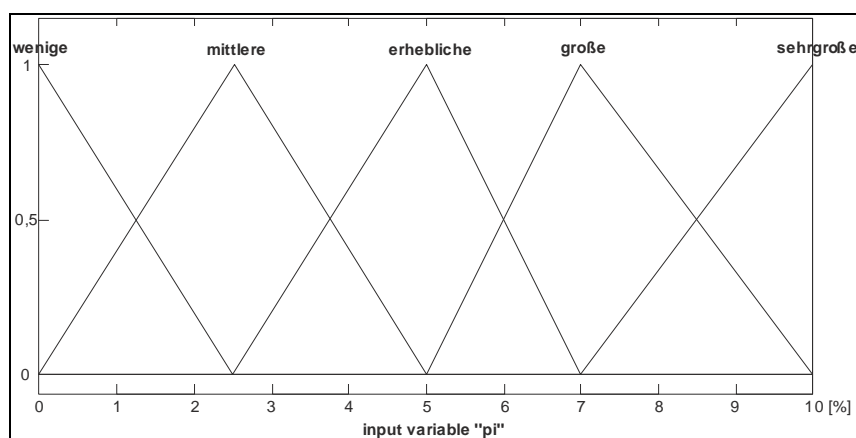


Abb. 8.38

Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable „Risikozuschlag p_I “ der immobilienpezifischen Komponenten

In der Implikation wurde der Operator MIN (Mamdani-Operator) verwendet (s. Kapitel 6.2.2). Anhand der Regeln in Anlage 2 bilden sich die Output-Variablen wie folgt:

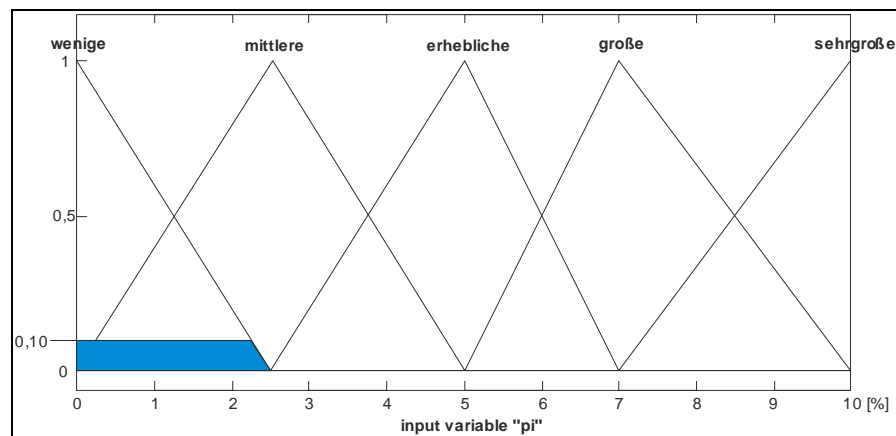


Abb. 8.39 Das Implikationsergebnis der Mengen: Altlastenverdachtsflächengefahr „wenig gefährlich“, Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „attraktiv“ und Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „sehr attraktiv“

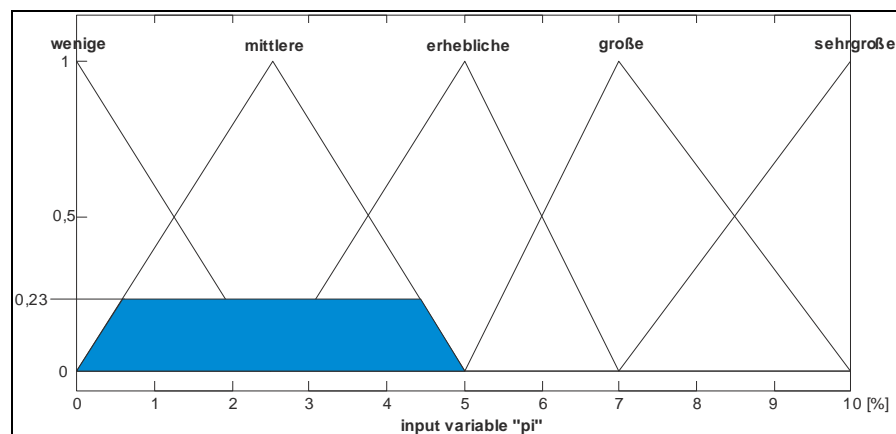


Abb. 8.40 Das Implikationsergebnis der Mengen: Altlastenverdachtsflächengefahr „wenig gefährlich“, Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „attraktiv“ und Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „erheblich attraktiv“

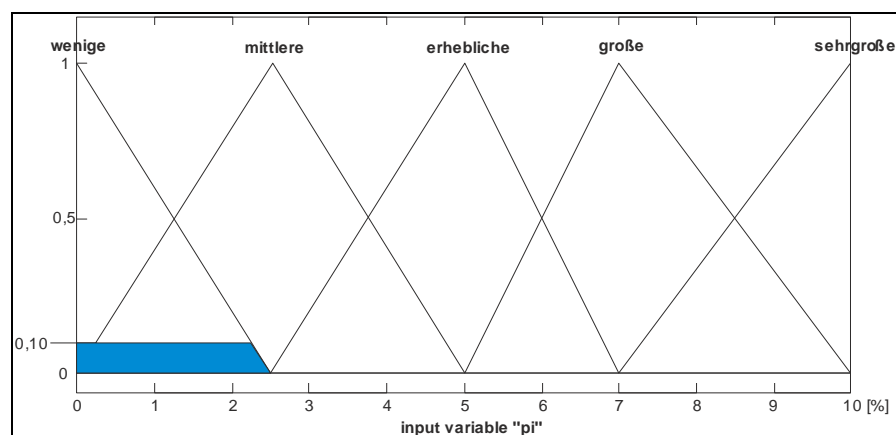


Abb. 8.41 Das Implikationsergebnis der Mengen: Altlastenverdachtsflächengefahr „wenig gefährlich“, Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „mittelattraktiv“ und Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „sehr attraktiv“

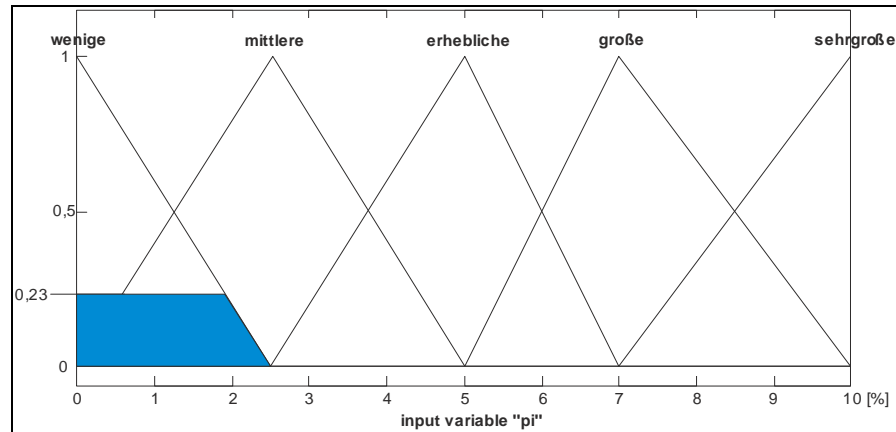


Abb. 8.42

Das Implikationsergebnis der Mengen: Altlastenverdachtsflächengefahr „wenig gefährlich“, Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „mittelattraktiv“ und Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „erheblich attraktiv“

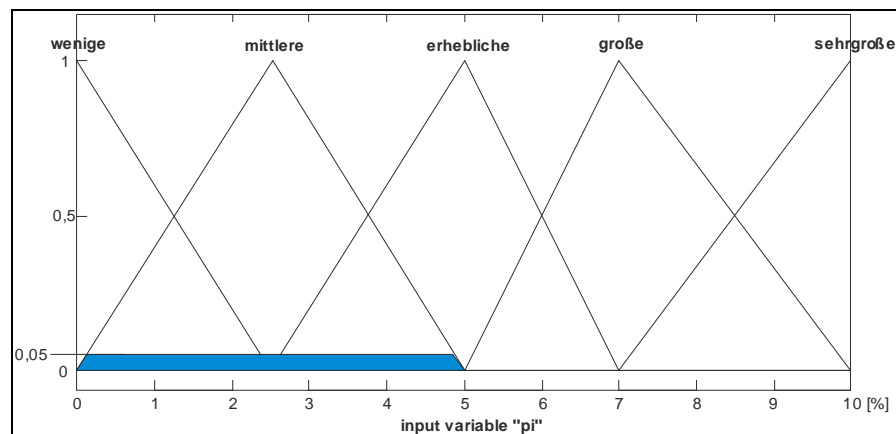


Abb. 8.43

Das Implikationsergebnis der Mengen: Altlastenverdachtsflächengefahr „mittelgefährlich“, Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „attraktiv“ und Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „sehr attraktiv“

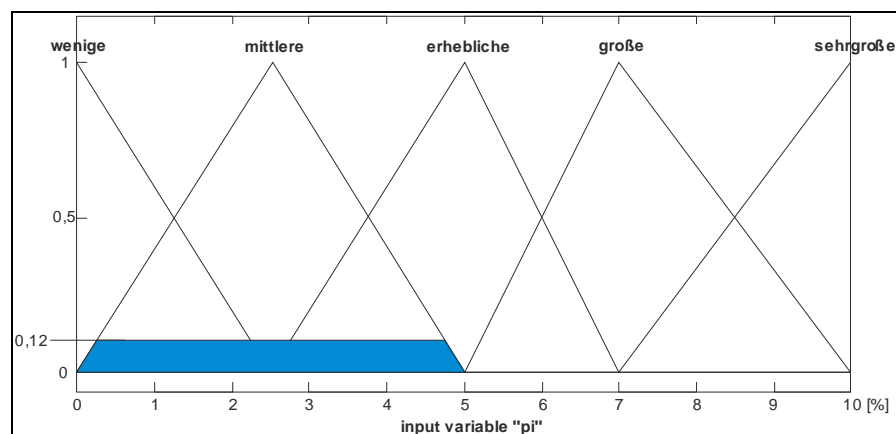


Abb. 8.44

Das Implikationsergebnis der Mengen: Altlastenverdachtsflächengefahr „mittelgefährlich“, Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „attraktiv“ und Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „erheblich attraktiv“

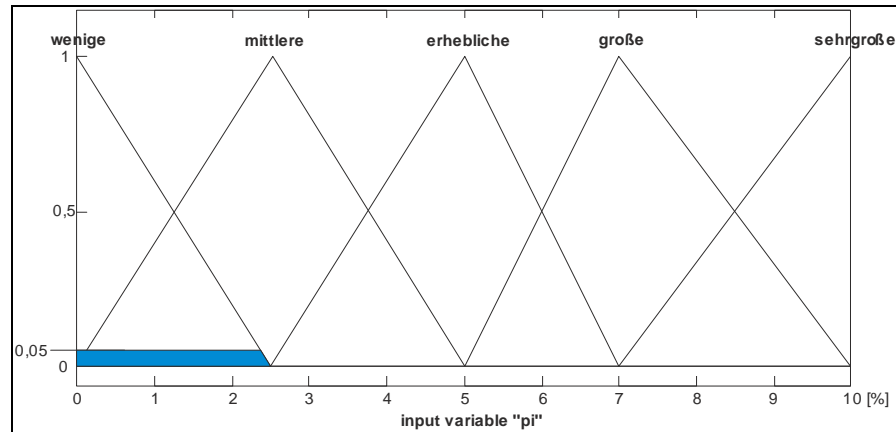


Abb. 8.45

Das Implikationsergebnis der Mengen: Altlastenverdachtsflächengefahr „mittelgefährlich“, Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „mittelattraktiv“ und Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „sehr attraktiv“

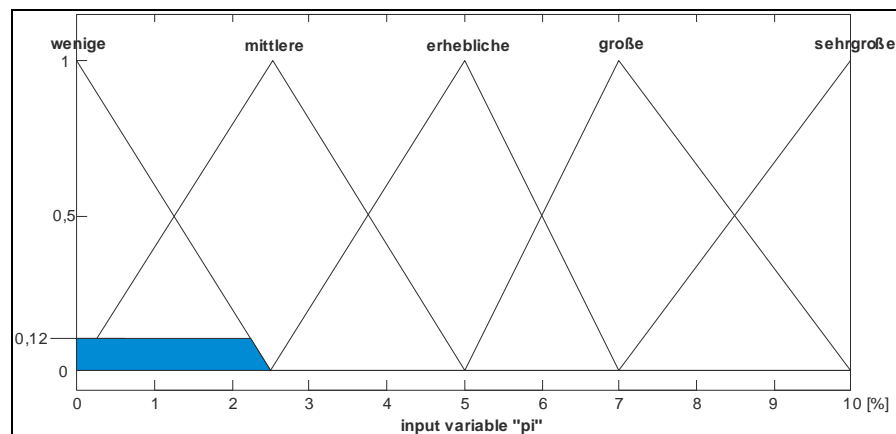


Abb. 8.46

Das Implikationsergebnis der Mengen: Altlastenverdachtsflächengefahr „mittelgefährlich“, Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „mittelattraktiv“ und Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „erheblich attraktiv“

Akkumulation

Im Endergebnis der Fuzzy-Interferenz wurden alle Implikationsergebnisse mittels des Maximum-Operators zusammengefügt (Abb. 8.47).

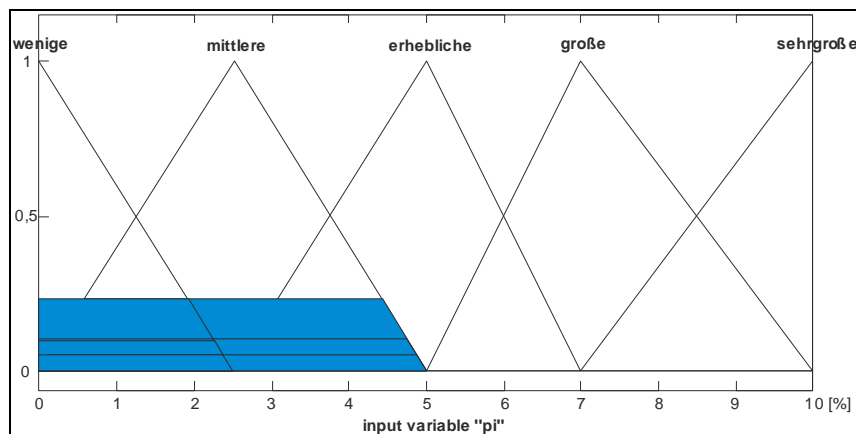


Abb. 8.47

Ergebnis der Fuzzy-Interferenz für den Risikozuschlag p_I der immobilien-spezifischen Komponenten

Defuzzifizierung

In der Analyse wurde die Defuzzifizierung mittels Flächenschwerpunkt-Methode durchgeführt (s. Kapitel 6.2.3).

Die so eingeschätzten Risikoprämien stellen sich für die standortspezifischen Komponenten in Abbildung 8.48 und für die immobilienpezifischen Komponenten in Abbildung 8.49 dar.

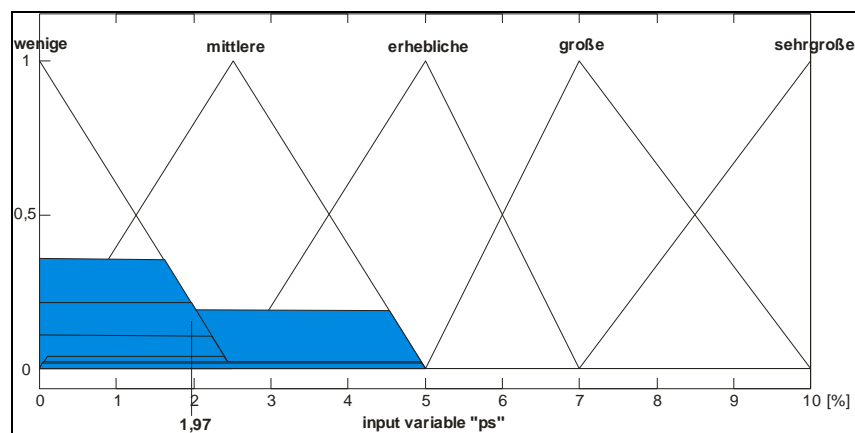


Abb. 8.48 Bestimmung der scharfen Ausgangsgröße der Risikoprämie p_s

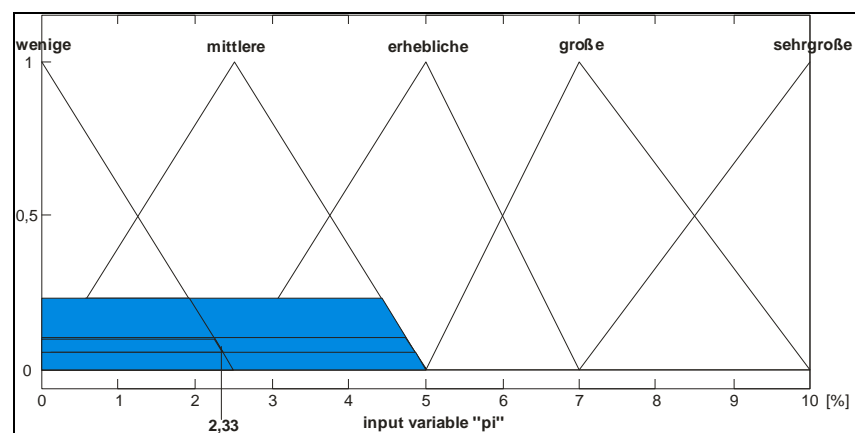


Abb. 8.49 Bestimmung der scharfen Ausgangsgröße der Risikoprämie p_l

Der gesamte obige Berechnungsablauf könnte auch mit Hilfe der MATLAB Fuzzy Logic Toolbox durchgeführt werden (Abb. 8.50 und Abb. 8.51), mit dem die Risikoprämien für die übrigen Objekte berechnet wurden.

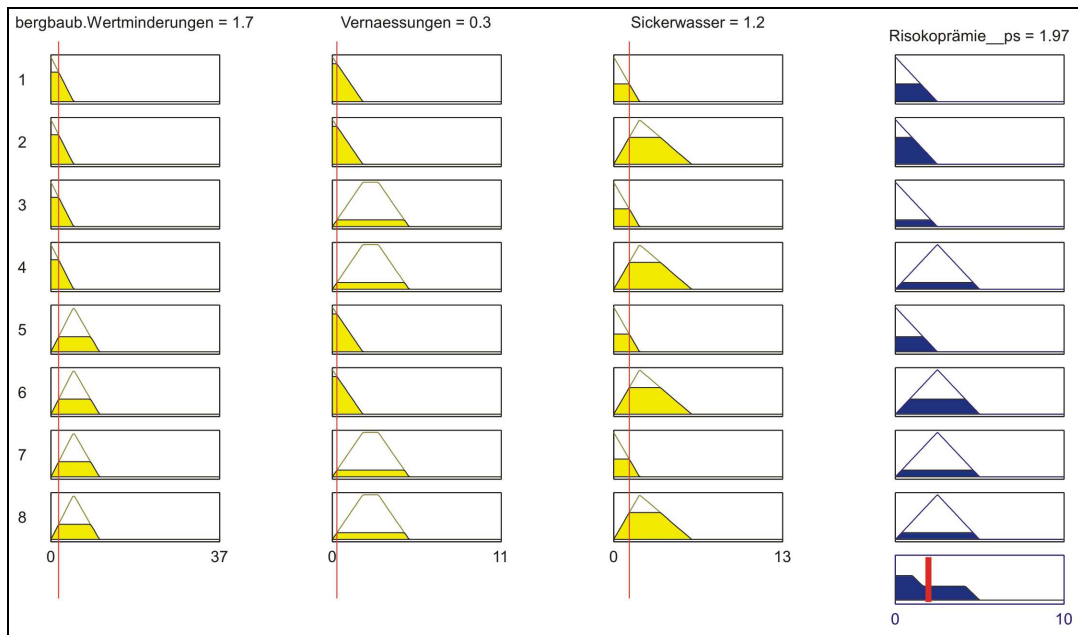


Abb. 8.50 Bestimmung der Risikoprämie p_s [%] mittels MATLAB Fuzzy Logic Toolbox

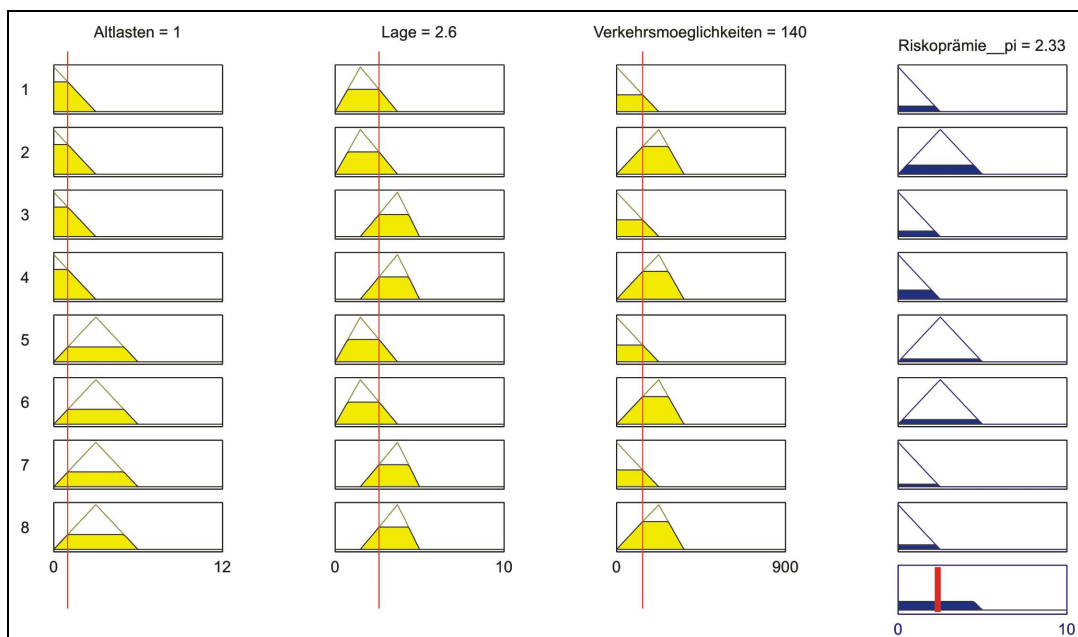


Abb. 8.51 Bestimmung der Risikoprämie p_l [%] mittels MATLAB Fuzzy Logic Toolbox

Aus der obigen Berechnung folgt, dass für das Objekt Nr. 25 das Investitionsrisiko hinsichtlich der immobilienpezifischen Komponenten ein wenig größer ist als das Investitionsrisiko hinsichtlich der bergbaubedingten Komponenten.

Um den genauen Risikozuschlag für das Objekt Nr. 25 zu berechnen, wurde das zweite Fuzzy-Model erstellt, in dem für die Input-Fuzzy-Sets die Ergebnisse der indirekten Risikoprämien p_s und p_l genutzt wurden. Als Output-Fuzzy-Set wurde hier der Umfang der Risikoprämie (s. Kapitel 8.3) für Gewerbeimmobilien verwendet.

Aufgrund dessen, dass das Schema der Berechnung analog dem obigen Berechnungsablauf ist, wurden die Zwischenergebnisse mit Hilfe der MATLAB Fuzzy Logic Toolbox aufgezeigt (Abb. 8.52).

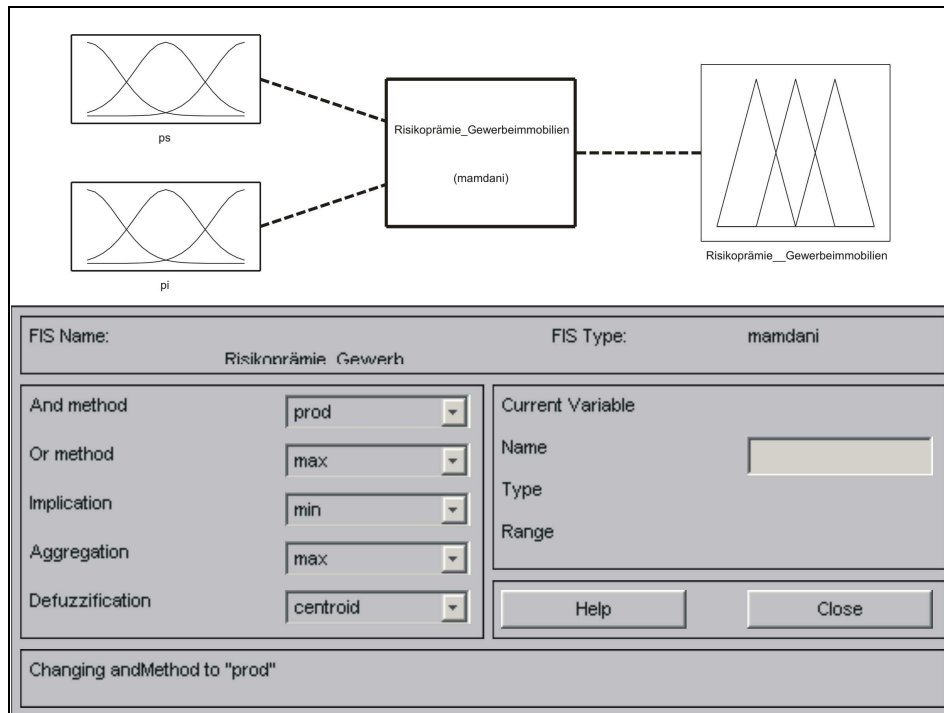


Abb. 8.52 Annahmen zur Risikoprämienberechnung für Gewerbeimmobilien mittels MATLAB Fuzzy Logic Toolbox

Die Fuzzy-Regeln wurden in dem Modell aus Anlage 2 verwendet, und davon wurde der endgültige Risikozuschlag für das Objekt Nr. 25 bestimmt (Abb. 8.53).

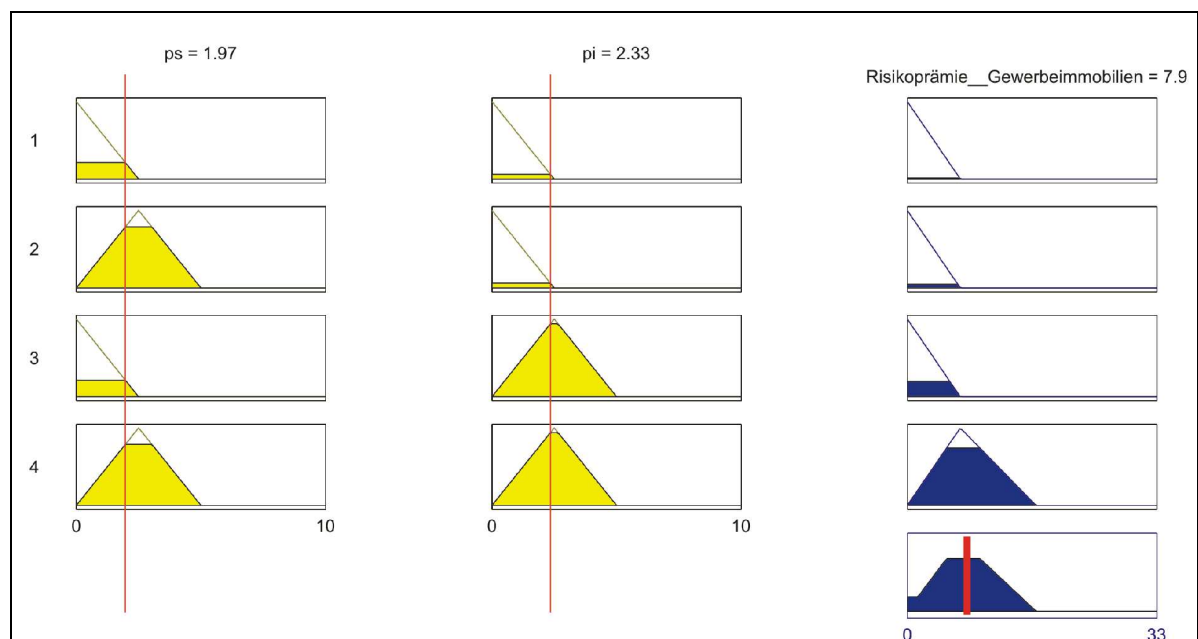


Abb. 8.53 Bestimmung der Risikoprämie p [%] für die Gewerbeimmobilien mittels MATLAB Fuzzy Logic Toolbox

Daraus folgt, dass der Risikozuschlag für das Objekt Nr. 25 **7,90 %** beträgt. Dieser Wert wurde weiter für die Wertermittlung des Objektes Nr. 25 verwendet.

Auf diese Weise wurde der Risikozuschlag für alle Objekte bestimmt (s. Anlage 3).

Objekt Nr.	p_s [%]	p_l [%]	Risikoprämie p [%]
1	1,12	1,06	6,96
2	1,21	1,23	3,57
3	2,43	2,50	7,99
4	2,38	1,68	7,72
5	2,37	1,89	3,69
6	2,37	1,68	7,72
7	2,41	2,94	9,37
8	3,16	2,60	9,98
9	2,38	2,36	7,99
10	2,39	2,30	7,98
11	2,12	2,36	7,94
12	2,47	2,43	7,99
13	2,39	2,43	7,99
14	2,47	2,43	7,99
15	2,90	2,42	9,23
16	2,47	2,41	7,99
17	2,47	2,41	7,99
18	2,11	2,45	7,93
19	2,47	2,44	8,00
20	2,47	2,42	7,99
21	2,46	1,93	3,69
22	1,11	1,81	3,39
23	1,46	2,44	7,51
24	1,97	2,32	7,90
25	1,97	2,33	7,90
26	2,37	2,42	7,99
27	2,45	2,29	7,97
28	1,33	2,44	3,45
29	2,08	2,36	3,73
30	2,08	2,06	3,75
31	2,09	2,15	3,75
32	1,27	2,36	3,43
33	1,62	1,29	7,68

Tab. 8.10 Risikoprämien der analysierten Objekte

Aus Tabelle 8.10 folgt, dass bei mehr als der Hälfte der analysierten Objekte das bergbaubedingte Risiko eine größere Rolle als das immobilienpezifische Risiko spielt. Die Ursache dafür ist, dass die Gebäude erhebliche, bergbaubedingte Wertminderungen aufweisen.

Das größte bergbaubedingte Risiko wurde bei **Objekt Nr. 8** bewiesen, bei dem außer großen bergbaubedingten Wertminderungen am Gebäude auch eine große Sickerwassergefahr eingeschätzt wurde (s. Anlage 3).

In Abbildungen 8.54 bis 8.58 wurden die Gebäude mit deren Risikoprämie dargestellt. Mit einem roten Umriss wurden die Objekte markiert, bei denen die Bergbaurisiken (p_s) eine wesentliche Rolle spielen.

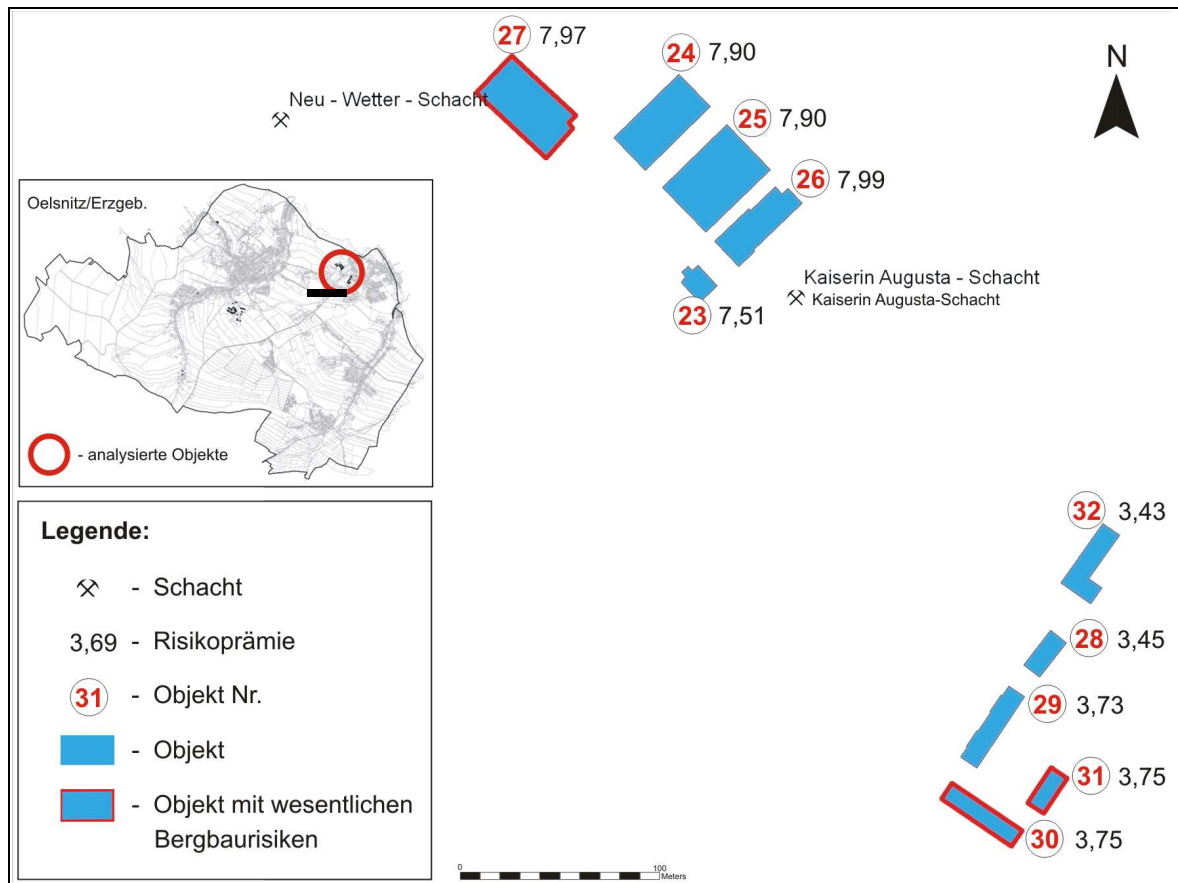


Abb. 8.54 Risikoprämien der Gebäude im ehemaligen Kaiserin-Augusta-Schacht-Gebiet

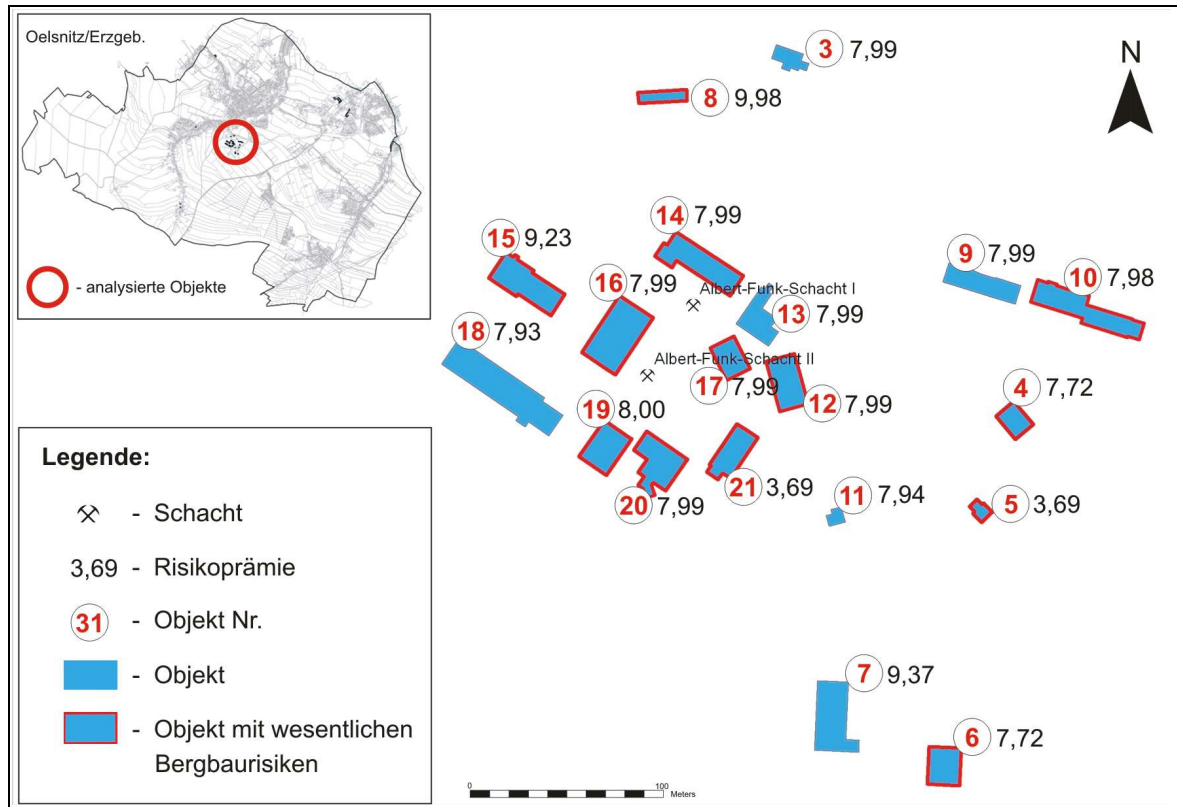


Abb. 8.55 Risikoprämien der Gebäude im Albert-Funk-Schacht

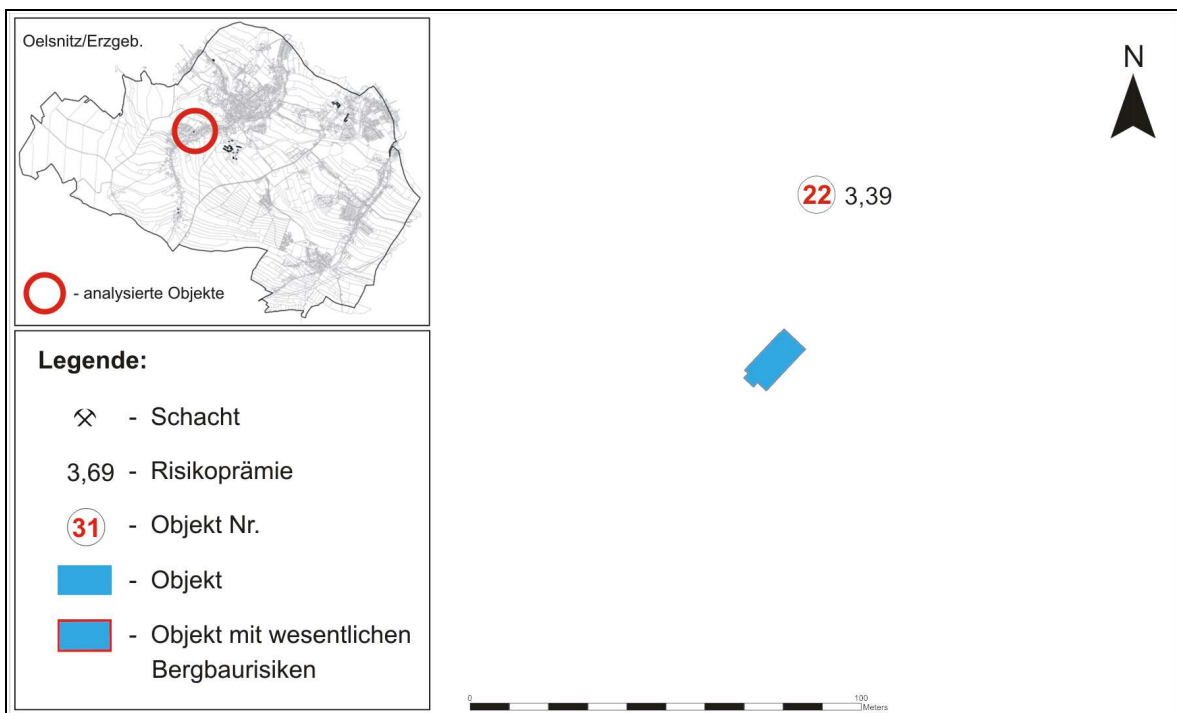


Abb. 8.56 Risikoprämien der Gebäude im Rudolfstraße-Gebiet

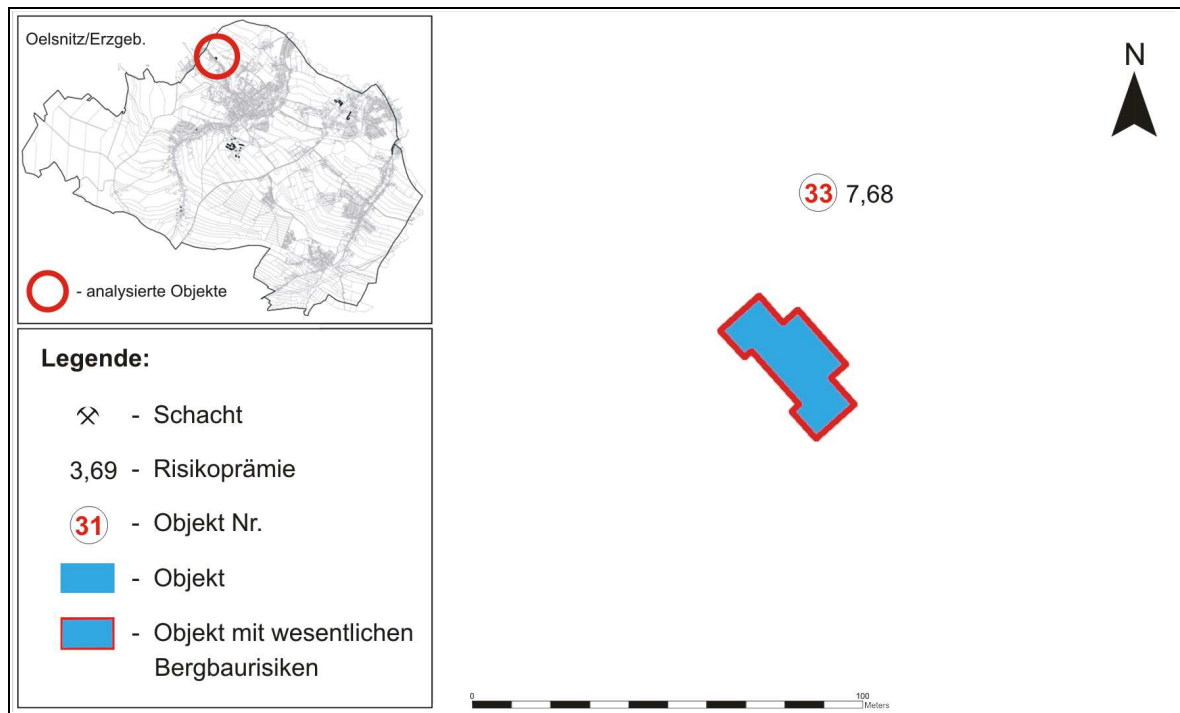


Abb. 8.57 Risikoprämien der Bahnhofsgebäude

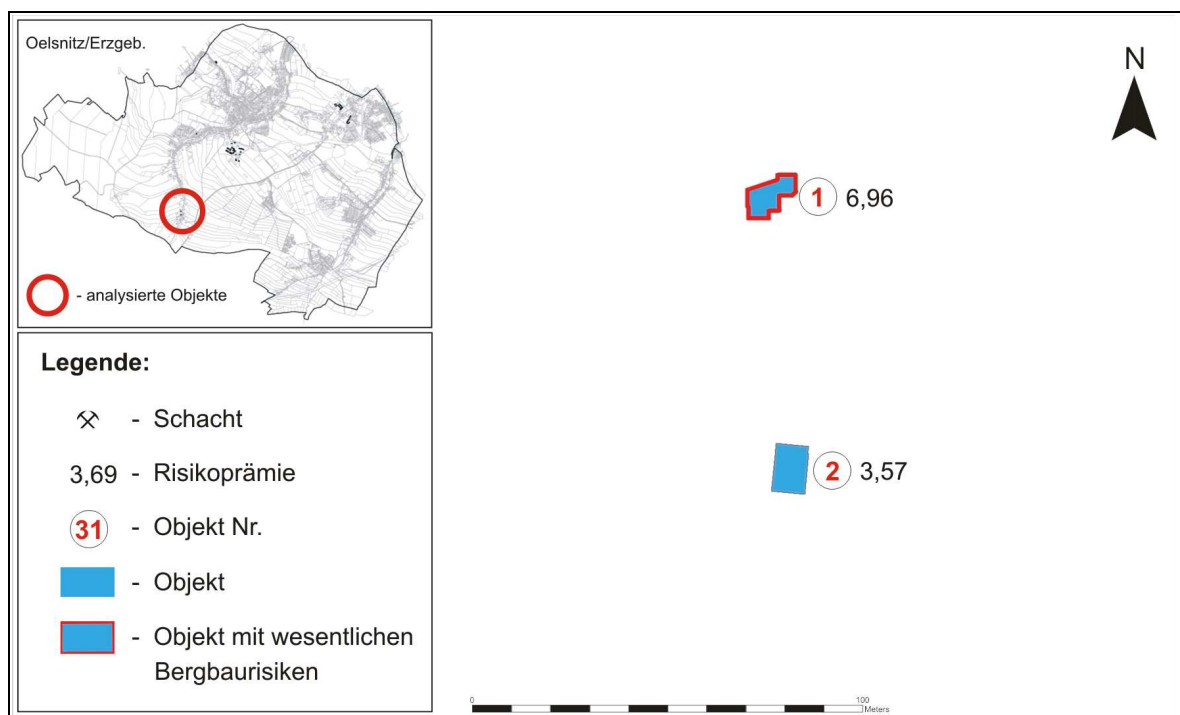


Abb. 8.58 Risikoprämien der Gebäude im Oberen Hauptstraße-Gebiet

8.5 Wertermittlung mittels DCF-Methode

In diesem Kapitel wurde der Wert jeder analysierten Immobilie für den Stichtag 1. Januar 2011 berechnet.

Anhand der Formel 5.1, des Zinssatzes für die langfristige risikofreie Kapitalanlage und des Risikozuschlags (Tab. 8.10) wurde der Diskontfaktor (r_d) für jedes Objekt berechnet (Tab. 8.11). Der Zinssatz für die langfristige risikofreie Kapitalanlage beträgt 2,9 % für Januar 2011[25].

Die DCF-Methode dient als Hilfe für eine Investitionsentscheidung und basiert auf den Annahmen zur Nutzungsphase und zum angenommenen Verkauf. Aus diesem Grund dienen die weiteren Angaben nur als Vorschläge, die mit hoher Wahrscheinlichkeit im örtlichen Immobilienmarkt zu erwarten sind.

Die weiteren Berechnungen wurden anhand der Erläuterungen zum DCF-Verfahren von Sprengnetters Lehrbuch [90] durchgeführt.

Annahmen zum angenommenen Verkauf zehn Jahre nach dem Wertermittlungsstichtag für alle analysierten Objekte:

- Anfangsrendite (A) 6%,
- Erwerbsnebenkosten (E) 6%,
- Diskontfaktor (r_d) Tabelle 8.11,
- Mietvertragslaufzeit 10 Jahre,
- Bewertungsstichtag 1. Januar 2011,
- Vermietungsstand Anlage 12.

Der detaillierte Berechnungsablauf wurde hier nur für das **Objekt Nr. 25** präsentiert. Für diese Halle wurden folgende Annahmen zur Nutzungsphase zugrunde gelegt:

- Miete 1,5 €/m²,
- Einmaliger Modernisierungsaufwand 10 000 €,
- Bewirtschaftungskosten (B) 23 %,
- Vermietungsstand 2011 - 0%, 2012 - 30%, 2013 - 60%,
ab 2014 - 100%,

und für alle analysierten Objekte:

- Lebenshaltungskostenindex [93] 2 % / Jahr,
- Mietwertsteigerung 3 % / Jahr.

Objekt Nr.	p [%]	$r_d = 2,9 + p$ [%]
1	6,96	9,9
2	3,57	6,5
3	7,99	10,9
4	7,72	10,6
5	3,69	6,6
6	7,72	10,6
7	9,37	12,3
8	9,98	12,9
9	7,99	10,9
10	7,98	10,9
11	7,94	10,8
12	7,99	10,9
13	7,99	10,9
14	7,99	10,9
15	9,23	12,1
16	7,99	10,9
17	7,99	10,9
18	7,93	10,8
19	8,00	10,9
20	7,99	10,9
21	3,69	6,6
22	3,39	6,3
23	7,51	10,4
24	7,90	10,8
25	7,90	10,8
26	7,99	10,9
27	7,97	10,9
28	3,45	6,4
29	3,73	6,6
30	3,75	6,7
31	3,75	6,7
32	3,43	6,3
33	7,68	10,6

Tab. 8.11 Diskontfaktor für jedes analysierte Objekt

Der Ablauf der Wertermittlung des Gebäudes Nr. 25 wurde in Tabelle 8.12 vorgestellt.

Die Werte wurden wie folgt errechnet:

$$M_n = \text{Anfangsmiete} + 3\% \text{ Mietwertsteigerung / Jahr}, \quad (8.49)$$

$$V = M_n \cdot \frac{1}{A} \cdot (1 - E) \quad (8.50)$$

mit:

V – Verkaufserlös,

A – Anfangsrendite,

E – Erwerbsnebenkosten,

$$\text{Cash Flow} = \text{Jahresmiete} \cdot (1 - B) \cdot VS \quad (8.51)$$

mit:

B – Bewirtschaftungskosten,

VS – Vermietungsstand,

und

$$\text{Barwert} = \sum \text{Cash Flow} \cdot \text{Abzinsungsfaktor} \quad (8.52)$$

Jahr	Zeitraum bis	Mietwert am Ende des Mietvertrages [€]	Verkaufserlös V [€]	Cash Flow [€]	Abzinsungsfaktor $r_d = 10,8\%$	Barwert [€]
1	Januar 2011			0 ¹⁾	0,902527 ⁹⁾	0,000
2	Januar 2012			6445 ²⁾	0,814555	5249,726
3	Januar 2013			13411 ³⁾	0,735158	9858,872
4	Januar 2014			22351 ⁴⁾	0,663500	14829,832
5	Januar 2015			23254 ⁵⁾	0,598827	13925,052
6	Januar 2016			23254 ⁵⁾	0,540457	12567,736
7	Januar 2017			24193 ⁶⁾	0,487777	11800,968
8	Januar 2018			24194 ⁶⁾	0,440232	10650,693
9	Januar 2019			25171 ⁷⁾	0,397322	10000,886
10	Januar 2020	37495	452318	477489 ⁸⁾	0,358593	171224,324
Summe						260108,089
- Einmaliger Modernisierungsaufwand						-10000,000
Wert der Immobilie						250108,089

Tab. 8.12 Ermittlung des Wertes des Gebäudes Nr. 25 mittels DCF-Verfahren

Aufgrund der vereinbarten Indexklausel wurden die Mieterhöhungen im Zweijahres-Rhythmus erhöht.

$$1) 0 \text{ €} = 27900 \cdot (1 - 0,23) \cdot 0\% , \quad (8.53)$$

$$2) 6445 \text{ €} = 27900 \cdot (1 - 0,23) \cdot 30\% , \quad (8.54)$$

$$3) 13411 \text{ €} = 27900 \cdot (1 - 0,23) \cdot 60\% \cdot 1,02^2 \text{ (einer Erhöhung um 2 \% pro Jahr),} \quad (8.55)$$

$$4) 22351 \text{ €} = 27900 \cdot (1 - 0,23) \cdot 100\% \cdot 1,02^2 , \quad (8.56)$$

$$5) 23254 \text{ €} = 27900 \cdot (1 - 0,23) \cdot 100\% \cdot 1,02^4 , \quad (8.57)$$

$$6) 24193 \text{ €} = 27900 \cdot (1 - 0,23) \cdot 100\% \cdot 1,02^6 , \quad (8.58)$$

$$7) 25171 \text{ €} = 27900 \cdot (1 - 0,23) \cdot 100\% \cdot 1,02^8 , \quad (8.59)$$

$$8) 477489 \text{ €} = 27900 \cdot (1 - 0,23) \cdot (1,03)^{10} \cdot \frac{1}{0,06} \cdot (1 - 0,06) + 25171 . \quad (8.60)$$

Der Abzinsungsfaktor errechnet sich wie folgt:

$$9) 0,902527 = \frac{1}{1 + 0,108} . \quad (8.61)$$

Der Wert der Immobilie Nr. 25 beträgt demnach rund **250.000 €**

Nach dem obigen Berechnungsablauf wurden die Werte aller anderen analysierten Immobilien ermittelt (Tab. 8.13). Die hier vorgestellten Werte sollen jedoch nicht als endgültige Immobilienwerte verstanden werden. Je nach den verschiedenen Umständen weichen die wesentlichen Angaben wie Mietwert oder Modernisierungsaufwand voneinander ab und sollen vor allem die Investorensicht widerspiegeln.

Die in Tabelle 8.13 berechneten Werte stellen in diesem Sinne Hinweise für Investitionsmöglichkeiten dar.

Objekt Nr.	Miete [€/m ²]	Einmaliger Modernisierungsaufwand [€]	Bewirtschaftungs- kosten [%]	Abzinsungs- faktor	Barwert [€]	Wert der Immobilie [€]
1	1,0	5 000	0,23	0,9102494	3181	3 000
2	2,7	4 000	0,21	0,9392317	130935	131 000
3	1,5	6 000	0,22	0,9017946	14258	14 000
4	1,8	5 500	0,21	0,9039957	125219	125 000
5	2,5	5 000	0,27	0,9381743	77853	78 000
6	2,0	9 000	0,23	0,9039957	145271	145 000
7	2,5	7 000	0,23	0,8907099	137072	137 000
8	2,5	8 000	0,23	0,8858965	22707	23 000
9	2,6	5 000	0,20	0,9017946	115862	116 000
10	2,6	5 000	0,20	0,9018759	187922	188 000
11	1,5	9 000	0,23	0,9022014	2619	3 000
12	1,0	16 000	0,23	0,9017946	76578	77 000
13	1,0	16 000	0,23	0,9017946	21288	21 000
14	1,0	14 000	0,23	0,9017946	48790	49 000
15	1,5	9 000	0,23	0,8918220	77903	78 000
16	1,0	17 000	0,23	0,9017946	145869	146 000
17	1,0	12 000	0,23	0,9017946	46290	46 000
18	1,5	13 000	0,22	0,9022828	161541	162 000
19	1,0	15 000	0,23	0,9017133	28469	28 000
20	1,0	17 000	0,23	0,9017946	90579	91 000
21	2,7	6 000	0,21	0,9381743	314241	314 000
22	2,6	4 000	0,21	0,9408223	100009	100 000
23	1,5	5 000	0,24	0,9057151	34580	35 000
24	1,0	18 000	0,23	0,9025271	344585	345 000
25	1,5	10 000	0,23	0,9025271	250108	250 000
26	1,0	7 000	0,23	0,9017946	75217	75 000
27	1,0	20 000	0,23	0,9019572	133036	133 000
28	2,0	7 000	0,27	0,9402915	103497	103 000
29	2,0	7 500	0,27	0,9378224	147153	147 000
30	1,9	7 500	0,27	0,9376465	139602	140 000
31	2,0	7 000	0,27	0,9376465	100888	101 000
32	2,0	7 500	0,27	0,9404684	218723	219 000
33	1,0	13 000	0,26	0,9043227	77456	77 000

Tab. 8.13 Wert jeder analysierten Immobilie unter den vorgenannten Annahmen

9. Ergebnisse und Diskussion

Die gegenwärtige Wertermittlung basierte auf dem DCF-Verfahren, bei dem der Diskontzinssatz und demzufolge der Risikozuschlag eine wesentliche Rolle spielen. Aus diesem Grund wurde hier eine detaillierte Analyse der bergbau- und immobilienpezifischen Risiken (p_s und p_l) durchgeführt. Aus der Tabelle 8.10 folgt, dass für 54,5 % der analysierten Objekte die bergbaubedingten Risiken für zukünftige Investitionen immer noch eine Rolle spielen. Dabei besteht vor allem eine große Gefahr hinsichtlich der potentiellen bergbaubedingten Längenänderungen oder Schiefstellungen an Gebäuden (s. Anlage 3 und Tab. 9.1). Die Sickerwassergefahr spielt für die Objekte auch eine wesentliche Rolle, aber hinsichtlich der Oberflächenvernässungen besteht dagegen fast keine Gefahr.

	Gefahr hinsichtlich der potentiellen Längenänderungen oder Schiefstellungen an Gebäuden	Gefährdung hinsichtlich Oberflächenvernässungen	Sickerwassergefahr	Summe
Anzahl der Objekte	11	0	7	18
	61 %	0 %	39 %	100 %
Anteil [%] bezogen auf alle Objekte	33,3 %	0 %	21,2 %	54, 5%

Tab. 9.1 Anzahl der Objekte, deren bergbaubedingte Risiken (p_s) entscheidend für die Wertermittlung sind

	Altlastenverdachtsflächengefahr	Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage	Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten	Summe
Anzahl der Objekte	3	9	3	15
	20 %	60 %	20 %	100 %
Anteil [%] bezogen auf alle Objekte	9,1 %	27,3 %	9,1 %	45, 5%

Tab. 9.2 Anzahl der Objekte, deren immobilienpezifische Risiken (p_l) entscheidend für die Wertermittlung sind

Gemäß Tabelle 9.2 wäre die Investition in neun der analysierten Immobilien aufgrund der unattraktiven Lage hier weniger empfohlen. Die Altlastenverdachtsflächen bzw. die Verkehrsanbindungsmöglichkeiten beeinflussen in hohem Maße den Wert von je nur drei Objekten.

Alle oben genannten Risikozuschläge wurden in Kapitel 8 mittels des Fuzzy-Modells ausgerechnet. Zur Kontrolle des Fuzzy-Modells dient üblicherweise ein Vergleich der resultierten Ergebnisse mit der Wirklichkeit. Weil in den Immobilienwertermittlungen normalerweise keine bergbaubedingten Risiken berücksichtigt sind, kann man die Ergebnisse aus dem hier verwendeten Modell nicht direkt mit den üblich berechneten Risikozuschlägen vergleichen.

Für die Kontrolle der aus der Analyse resultierten Werte wurden demzufolge die üblich berechneten Risikozuschlagswerte (Formel 9.1) mit den mittels Fuzzy-Modell berechneten Wer-

ten (p') verglichen, in der Annahme, dass für die analysierten Objekte keine bergbaubedingte Gefahr besteht (Tab. 9.3).

Objekt Nr.	p [%]	p' [%]	$\frac{p}{p'}$
1	6,96	2,53	2,8
2	3,57	1,27	2,8
3	7,99	2,23	3,6
4	7,72	2,44	3,2
5	3,69	1,14	3,2
6	7,72	2,43	3,2
7	9,37	5,23	1,8
8	9,98	3,18	3,1
9	7,99	2,24	3,6
10	7,98	2,25	3,5
11	7,94	2,24	3,5
12	7,99	2,23	3,6
13	7,99	2,23	3,6
14	7,99	2,23	3,6
15	9,23	2,23	4,1
16	7,99	2,23	3,6
17	7,99	2,23	3,6
18	7,93	2,23	3,6
19	8,00	2,23	3,6
20	7,99	2,23	3,6
21	3,69	1,14	3,2
22	3,39	1,17	2,9
23	7,51	2,23	3,4
24	7,90	2,24	3,5
25	7,90	2,24	3,5
26	7,99	2,23	3,6
27	7,97	2,25	3,5
28	3,45	1,09	3,2
29	3,73	1,09	3,4
30	3,75	1,14	3,3
31	3,75	1,11	3,4
32	3,43	1,09	3,1
33	7,68	2,62	2,9
Mittelwert			3

Tab. 9.3 Das Verhältnis des bergbaubedingten Risikozuschlags p zum bergbaufreien Risikozuschlag p'

Der Risikozuschlag wird üblicherweise nach dem CAPM-Modell (Capital-Asset-Pricing-Model = Kapitalgutpreismodell) wie folgt berechnet:

$$(1 + \text{nominaler Risikozuschlag}) = (1 + \text{realer Risikozuschlag}) \times (1 + \text{Inflationsrate}). \quad (9.1)$$

Der reale Risikozuschlag beträgt 3 % [38] Inflationsrate für Januar 2011 beträgt 2 % [93]. Demzufolge erhält man:

$$(1 + \text{nominaler Risikozuschlag}) = (1 + 0,03) \times (1 + 0,02) = 1,051, \text{ dann} \quad (9.2)$$

$$(1 + \text{nominaler Risikozuschlag}) = 1 + 0,051, \text{ also} \quad (9.3)$$

$$\text{nominaler Risikozuschlag} \approx 0,05 = 5 \%. \quad (9.4)$$

Daraus folgt, dass der Risikozuschlag in der Wertermittlung mittels DCF-Berechnung für Januar 2011 nicht größer als 5 % ist. Der Wert wurde dann als Risikozuschlagsgrenze verwendet.

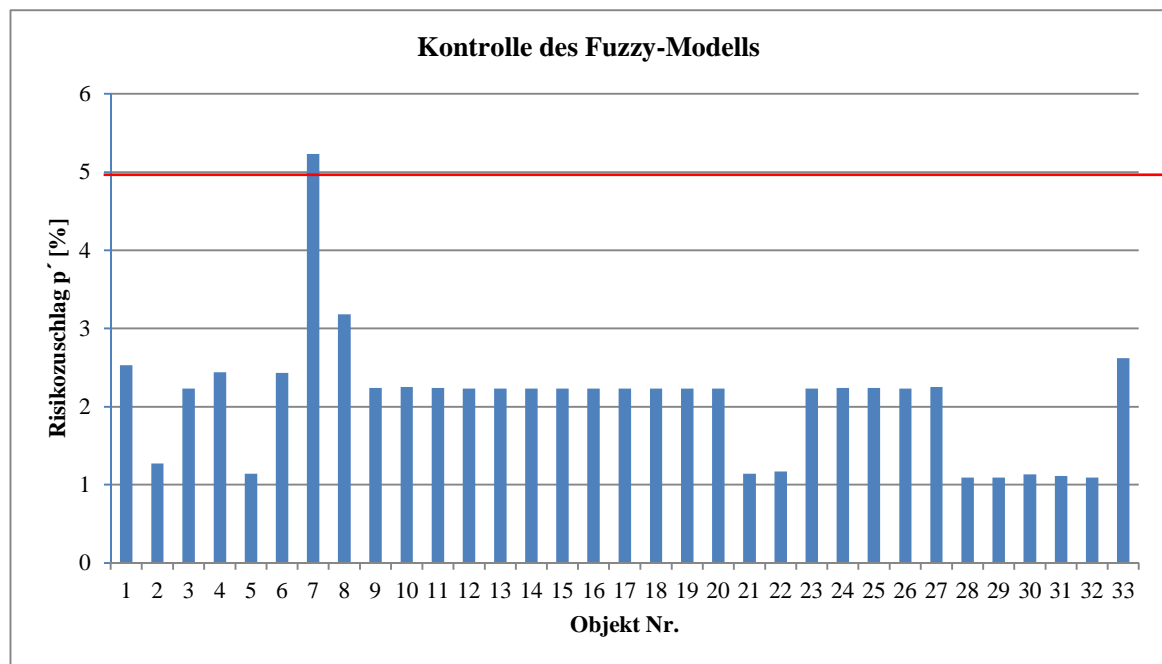


Abb. 9.1 Kontrolle des Fuzzy-Modells

Aus Abbildung 9.1 folgt, dass die Risikozuschläge p' der analysierten Objekte kleiner als die üblich verwendete Risikozuschlagsgrenze von 5% sind. Die Grenze wurde nur bei Objekt Nr. 7 (5,23%) überschritten. Dabei beträgt jedoch die Abweichung von der Risikozuschlagsgrenze nur **5%**. Das bedeutet, dass das in der Analyse verwendete Fuzzy-Modell mit der Wirklichkeit übereinstimmt und demzufolge korrekt ist.

In Tabelle 9.3 wurde das Verhältnis des bergbaubedingten Risikozuschlags p zum bergbaufreien Risikozuschlag p' berechnet. Daraus folgt, dass das Risiko der Investitionen in bergbaubeeinflussten Immobilien durchschnittlich **dreimal größer** ist als das Risiko der Investitionen in Immobilien ohne Bergbaueinflüsse. Es wirkt sich damit negativ auf den Wert der bergbaubeeinflussten Immobilien aus.

10. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde eine Methode zur Bewertung von bergbaubeeinflussten Immobilien vorgestellt. Die Idee zum Thema entstand infolge von Investorennachfragen nach einer Einschätzung der alten Bergbaugebiete hinsichtlich ihrer Neunutzung und potenzieller Bergbaurisiken.

Die neue Methode wurde nach der gründlichen Analyse aller wesentlichen Bergbau-Komponenten entwickelt, die den Immobilienwert stark beeinflussen. Als Untersuchungsort diente hier die Stadt Oelsnitz/Erzgeb., die heute in einem ehemaligen Steinkohle-Bergbaugebiet liegt.

Die Arbeit stützt sich auf das Discounted Cash-Flow (DCF)-Verfahren, in dem zukünftige Erträge für die nächsten 10 Jahre berechnet wurden. Aufgrund des langen Zeitraums ist das DCF-Verfahren für die Wertermittlung von bergbaubeeinflussten Immobilien geeignet, bei denen die Bergbaueinflüsse nur langfristig berücksichtigt werden sollen.

Demzufolge wurden in der Arbeit außer den üblichen Immobilienkriterien wie Lage, Verkehrsanbindungsmöglichkeiten oder Altlastenflächengefahr, auch die Bergbau-Komponenten wie potenzielle Längenänderungen und Schiefstellungen an Gebäuden, Sickerwassergefahr und potenzielle Oberflächenvernässungen analysiert.

Die Analyse setzt sich aus drei Teilen zusammen:

- die Bestimmung der Einschätzungskategorien mit Hilfe der Geoinformationssysteme,
- die Klassifizierung der analysierten Objekte zu o.g. Kategorien und
- die Berechnung der endgültigen Werte.

Es ist schwer, eindeutige Prognosen über bergbauliche Einwirkungen auf Gebäude oder Oberflächenvernässungen abzugeben, weil sie von vielen geologischen Prozessen abhängen. Diese Schwierigkeit wurde in der Arbeit mittels Fuzzy-Logik aufgelöst, die auf linguistischen Variablen basiert. Darum wurde im dritten Teil der Analyse ein Fuzzy-Modell entwickelt, das mit der Software Matlab erstellt wurde.

In der vorliegenden Untersuchung wurde

1. nachgewiesen, dass in der Wertermittlung von Immobilien in ehemaligen Bergbaugebieten eine detaillierte Berücksichtigung der Bergbaueinflüsse notwendig ist,
2. eine Berechnungsmethode entwickelt, in der neben den immobilisenspezifischen Risiken auch die bergbaubedingten Risiken einer Investition in bergbaubeeinflusste Immobilien berechnet wurden,

3. ein Fuzzy-Modell erstellt, wodurch die mehrdeutigen Bergbau- und Immobilienprozesse zuerst definiert und dann zusammen verbunden wurden,
4. eine Kontrolle der Berechnung durchgeführt, in der die endgültigen Ergebnisse mit der Wirklichkeit übereinstimmen,
5. nachgewiesen, dass das Risiko von Investitionen in bergbaubeeinflusste Immobilien durchschnittlich **dreimal größer** als das Risiko von Investitionen in Immobilien ohne Bergbaueinflüsse ist.

Die gegenwärtige Arbeit ist ein Versuch eine neue, innovative Bewertungsmethode von bergbaubeeinflussten Immobilien darzustellen, die wesentliche, dauerhafte Bergbaueinflüsse berücksichtigt. Daraus resultierende Ergebnisse dienen als relevante Entscheidungshinweise für Investitionen in Bergbaugebiete und deren Neunutzungsmöglichkeiten. Die Autorin ist der Meinung, dass das vorgeschlagene Berechnungsmodell auch für andere Bergbaugebiete nach einer Anpassung der zutreffenden Kriterien zur Anwendung kommen kann.

Die Verwendung des DCF-Verfahrens ist im vorliegenden Fall aufgrund der u.a. fehlenden marktüblichen Vergleichsdaten geeignet, die in normierten Wertermittlungsverfahren notwendig sind. Das DCF-Verfahren weist jedoch einige Schwächen auf, wie relative Eingabedaten, unsichere prognostizierte Ertragswerte oder eine Subjektivität des Risikozuschlags. Dies bildet viele Unsicherheiten hinsichtlich der Wertermittlungsergebnisse. Demzufolge empfiehlt es sich, soweit die Daten vorhanden sind, das vorgestellte Berechnungsmodell anhand des periodisierten Ertragswertverfahrens anzuwenden, dessen Vorgehensweise ähnlich dem DCF-Verfahren ist und auf gesicherten, marktüblichen Daten basiert.

Es wäre folglich eine Softwareentwicklung anhand der vorgestellten Arbeit und des Berechnungsmodells empfehlenswert.

Quellennachweis

- [1] Altrock, C.: Fuzzy logic. Band 1. Technologie. R. Oldenburg Verlag GmbH, München, BRD 1993.
- [2] Arciszewski, R.: Wnioskowanie przybliżone - model rozmyty, Politechnika Białostocka, Wydział Informatyki,
<http://aragorn.pb.bialystok.pl/~radev/ai/se/zal/selic/arciszewski.htm> (01.2011).
- [3] ARTEC Umweltpraxis GmbH Sachsen: Gutachten I zur Orientierung Erkundung im Betriebsgelände der Ascota AG i. L. in Olesnitz/E. Löbnitz, ARTEC Umweltpraxis GmbH, 2001.
- [4] Beckmann, I.-A.: Gesundheit im Blick. Deutsche Krebshilfe e.V., Bonn, Stand 4/2010.
- [5] Bergbauliche Beeinflussung, <http://www.radon-info.de/shtml/bergbau.shtml>.
- [6] Berrios D., Kolitsch S., Abo-Rady M., Merkel B.: Schadstoffbelastung von Sickerwässern aus Steinkohlenhalden im Raum Oelsnitz (Erzgeb.) und ihre Gefahrenpotenziale. Wasser und Abfall 4-5, 40-45, Freiberg, 2003.
- [7] Beyer, C. u. a.: Bergschadenskundliche Analyse „Lugau-Oelsnitz“. - unveröff., VEB Baugrund Berlin, Produktionsbereich Zwickau & VEB Steinkohlenwerk Oelsnitz, Zwickau, Archiv Oberbergamt; 1974, Freiberg.
- [8] Bischoff, B.: Grundstückswertermittlung; eine Einführung in die Praxis. Berlin. Grundeigentum-Verl, Berlin, 1992.
- [9] Brachmann, R., Holzner, P.: Bauwert von Industriebauten, Verkehrswert von Fabrikgrundstücken, Gebäude-Versicherungswerte. Theodor Oppermann Verlag, Hannover, 1999.
- [10] Broschüre: Auf den Spuren des Bergbaus, Stadtverwaltung Oelsnitz/Erzgeb, Oelsnitz/Erzgeb., 2006.
- [11] Brüggemann, J., Jacob, D.: Ökonomische Fragen des Flächenrecyclings. Freiburger Working Papers, Freiberg, 2007.
- [12] Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, Risiko Eigentum, Augen auf beim Grundstückskauf, BUND, Berlin, 1997.
- [13] Bundesministerium der Justiz: BauNVO, Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke, 1962, <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/baunvo/gesamt.pdf> (01.2010).
- [14] Bundesministerium der Justiz: Bewertungsgesetz, 1934, <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bewg/gesamt.pdf>, Anlage 22, (02.2011).

-
- [15] Bundesministerium der Justiz: Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, 1999, <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bbodschv/gesamt.pdf> (07.2010).
 - [16] Bundesministerium der Justiz: Immobilienwertermittlungsverordnung - ImmoWertV, 2010, <http://www.gesetze-im-internet.de/immowertv/BJNR063900010.html> (02.2011).
 - [17] Bundesministerium der Justiz: Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer, 1997, <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/abwv/gesamt.pdf> (07.2010).
 - [18] Bundesministerium der Justiz: Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch, 2011, http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/trinkwv_2001/gesamt.pdf (07. 2010).
 - [19] Bundesministerium der Justiz: Bundes-Bodenschutzgesetzes, 1998, <http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bbodschg/gesamt.pdf> (03.2011).
 - [20] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Grundstücks-wertermittlung im Stadtumbau. Selbstverlag des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung, Bonn, 2007.
 - [21] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Wertermittlungsrichtli-nien-WertR 2006, <http://www.bmvbs.de/cae/servlet/contentblob/34736/publicationFile/1037/anlagen-1-bis-6.pdf>, Anlage 4
 - [22] Bundesrat, Drucksachen und Beratungsvorgänge: Verordnung der Bundesregierung. Verordnung über die Grundsätze für die Ermittlung der Verkehrswerte von Grundstü-cken (Immobilienwertermittlungsverordnung-ImmoWertV) 26.03.2010, http://www.bundesrat.de/cln_161/SharedDocs/Drucksachen/2010/0101-200/171-10,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/171-10.pdf (03.2012)
 - [23] C&E Consulting und Engineering GmbH: Revitalisierung von Städten in ehemaligen Kohlebergbaugebieten (REVI). Beherrschung und Nutzung der Bergbaufolgewirkun-gen sowie Aufwertung von Bergbaufolgelandschaft, -flächen und Baulichkeiten für die Stadt Oelsnitz. 26.03.2001.
 - [24] Czaja, J., Parzych, P.: Einschätzung des Immobilienmarktwertes im Sinne der Internationalen Wertermittlungsverfahren, [deutsche Übersetzung, polnischer Originaltitel]. Stowarzyszenie Naukowe im. Stanisława Staszica, Kraków, 2007.
 - [25] Deutsche Bundesbank, Monatsbericht Januar 2010, VII. Kapitalmarkt, 5. Renditen und Indizes deutscher Wertpapiere, http://www.bundesbank.de/download/volkswirtschaft/monatsberichte/2011/201101mb_bbk.pdf S. 115.
 - [26] DIN Deutsches Institut für Normung e. V.: DIN 21917 Bergmännisches Rißwerk - Ge-birgs- und Bodenbewegungen. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1999.
 - [27] DIN Deutsches Institut für Normung e. V.: DIN 4150-3 Erschütterungen im Bauwesen - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlage. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1999.
-

-
- [28] Drisch, L., Schürken, J.: Bewertung von Bergschäden und Setzungsschäden an Gebäuden. Oppermann, 1995, Hannover.
 - [29] Dubiński J., Mutke G.: Skala górnicza GSI-2004-V do oceny oddziaływania drgań sejsmicznych od wstrząsów górniczych na powierzchnię LGOM, Problemy eksploatacji górnictwa pod terenami zagospodarowanymi. Wydawnictwo Głównego Instytutu Górnictwa, Katowice 2005.
 - [30] Falk, B.: Das grosse Handbuch Immobilien-Marketing. Verl. Moderne Industrie Landsberg/Lech, 1997.
 - [31] Falk, B.: Gewerbe-Immobilien. Verlag Moderne Industrie Landsberg/Lech, 1992.
 - [32] Felix M., u.a.: Kurzbericht zum Abschlussbericht „Bergbaufolgen im ehemaligen Steinkohlerevier Lugau/Oelsnitz unter besonderer Berücksichtigung des Grubenwasseranstiegs“, Landesamt für Umwelt und Geologie Freiberg, 2008.
 - [33] Frank, H.: Fuzzy-Methoden in der Wirtschaftsmathematik. Eine Einführung. Vieweg, Braunschweig, Wiesbaden, 2002.
 - [34] Frenken, J. H.: Analyse und Prognose der Folgekosten stillgelegter Steinkohlenbergwerke. Verlagsguppe Mainz, Aachen, 2004.
 - [35] Frenz, W., Preuße, A.: Wasseranstieg im Steinkohlenbergbau. GDMB-Medienverl, Clausthal-Zellerfeld, 2006.
 - [36] Generelle Wertermittlungsverfahren, <http://www.stalys.de/data/gb09.htm> (02.2011).
 - [37] Głowaty, G.: Modelowanie rozmyte - środowisko programistyczne. Magisterarbeit, Uniwersytet Jagielloński, Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki, Instytut Informatyki, Kraków 2003.
 - [38] Goodman Property Investors, Research Document, 2007, http://www.inwestycje.pl/resources/Attachment/2007/09_04/file589.pdf (02.2011).
 - [39] Grabaum, R., Steinhard U.: Landschaftsbewertung unter Verwendung analytischer Verfahren und Fuzzy-Logic. UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, 1998.
 - [40] Grün E.: Analyse und Prognose von Unstetigkeiten als Folge bergbaubedingter Bodenbewegungen im linksniederrheinischen Steinkohlengebiet, Dissertation, Fakultät für Bergbau, Hüttenwesen und Geowissenschaften, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Aachen, 1995.
 - [41] Gutachterausschuss für die Ermittlung von Grundstückswerten im Erzgebirgskreis: Grundstücksmarktbericht für den Alt-Landkreis Stollberg 2007/2008, Stollberg, 2008.
 - [42] Haans, M., Universität Stuttgart, Institut für Mechanik, Vorlesungsmaterial, <http://www.iam.uni-stuttgart.de/Misc/fuzzy/vorlmat/kap2/tsnormen.pdf> (01.2011).
-

-
- [43] Handl, A.: Multivariate Analysemethoden. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2002.
 - [44] Hildebrandt, H.: Grundstückswertermittlung. Wittwer, Stuttgart, 1996.
 - [45] Höltig, M.: Immobilienfinanzierung. Campus Verlag GmbH, Frankfurt/Main, 2008.
 - [46] Holzner, P., Renner, U., Ross, F. W.: Ermittlung des Verkehrswertes (Marktwertes) von Grundstücken und des Wertes baulicher Anlagen. Oppermann, Isernhagen, 2005.
 - [47] <http://www.oelsnitz-erzgeb.de> (12.2010).
 - [48] Hübsch, G., Winter, U.: Oelsnitzer Lexikon. Band 1. Stadtverwaltung Oelsnitz/Erzgeb., Oelsnitz/Erzgeb. 2008
 - [49] Immobilien Research Spezial, DekaBank, Pricing von US-Büromärkten, Update Q2/2009, 2009.
 - [50] Immobilien Zeitung: ImmoWertV enthält keine DCF-Normierung, IZ Immobilien Zeitung, Ausgabe 21, S.4, 2009.
 - [51] Internationale Wertermittlung - Reich und Kollegen - Berlin - Leipzig - München. <http://www.reich-kollegen.de/analyse-bewertung/internationale-wertermittlung.html> (02.2011).
 - [52] Jajuga K., Cegielski P.: Stopa dyskontowa w wycenie nieruchomości, 2003, http://www.nieruchomosci.beck.pl/index.php?mod=m_artykuly&cid=19&id=558 (02, 2010).
 - [53] Jakubowski, Z.: Wycena nieruchomości. Vorlesungsmitschrift, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Nauk Ekonomicznych, Warszawa, 2009.
 - [54] Kacprzyk, J.: Zbiory rozmyte w analizie systemowej. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1986.
 - [55] Kertscher, D.: Wertermittlungsverfahren - in Deutschland - international gebräuchliche Verfahren (normierte und nicht normierte Verfahren). Vortrag an der INTERGEO Akademie in Köln, 99. DVW-Seminar - Neue Standards in der Immobilienwertermittlung national und international, Köln, 2010.
 - [56] Kirchner, M.: Die Wertermittlungsverfahren, http://www.matthias-kirchner.de/Glossar_Methoden.html#normiert (02.2011).
 - [57] Klapperich H., Jacob D., Azzam R., Wolf R.: Kreislauf der Flächennutzung, CIF Publikation 3, CiF e. V., Freiberg, 2006.
 - [58] Kleemann, G.: Praktikum Prozessautomatisierung, PA4, Fuzzy-Regelung einer Klimaanlage, 27.01.2003, <http://spot.fho-empden.de/hp/uong/praktikum-automatisierung-ct-ut/PA4.pdf> (01.2011).
-

-
- [59] Klir, G.J., Yuan B.: Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1995.
 - [60] Knothe, S., Sroka, A.: Stochastyczna ocena wpływu eksploatacji na obiekty budowlane w procesie planowania eksploatacji górniczej. Prace Naukowe GIG, Seria Górnictwo i Środowisko, Konferencja Naukowo-Szkoleniowa „Bezpieczeństwo i ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych”, Ustroń-Zawodzie, 2010.
 - [61] Kockläuner, G.: Multivariate Datenanalyse am Beispiel des statistischen Programmpakets SPSS. Braunschweig. Vieweg, Wiesbaden, 2000.
 - [62] Kramer, K.-D., Braune S., Wöhlbier S.: Fuzzy-Control-Algorithmen für Low-Cost-Microcontroller
<http://fuzzy.cs.uni-magdeburg.de/publications/afn/AFNBer00Kramer.pdf> (01.2011).
 - [63] Kratzsch, H., Bergschadenkunde, Deutscher Markscheider-Verein e. V., Bochum, 1997.
 - [64] Kwiatek, J.; Gil-Kleczenska, B.; Mika, W.: Verfahrensdokumentation der GIG-Methode zur Beurteilung der Gebäudeempfindlichkeit unter Einwirkung von bergbaubedingten kontinuierlichen Bodenbewegungen. Hauptinstitut für Bergbau, Kattowitz, (Deutsche Übersetzung der Deutschen Montantechnologie DMT-GUC), 1991.
 - [65] Łachwa, A.: Rozmyty świat zbiorów, liczb, relacji, faktów, reguł i decyzji. Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2001.
 - [66] Landesamt Erzgebirgskreis, Abt. Denkmalschutz: Ausführliches Denkmalverzeichnis, 2010.
 - [67] Lejczak, W., Kiczan, W., Lubas, B., Stranz, B., Bojarski, Z.: Zasady stosowania budownictwa zastępczego na terenach górniczych, Katowice, 1969.
 - [68] Löbel, K.-H.: Generierung einer digitalen Datenbasis und Analyse von Höhendaten aus Nivellements im Steinkohlebergbaurevier Oelsnitz/Erzgebirge. - TU Bergakademie Freiberg, Sektion Markscheidewesen und Geodäsie, unveröff. Bericht, Freiberg, 2006.
 - [69] Lütke-Uhlenbrock, K.: Bewertung von öffentlich-rechtlicher Sparkassen, s. 36, Gabler Edition Wissenschaft, Universität Oldenburg, 2007.
 - [70] Malinowska, A.: Ocena zagrożenia uszkodzeniami obiektów budowlanych na terenach górniczych z wykorzystaniem wnioskowania rozmytego, Doktorarbeit. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków 2009.
 - [71] Manfred, O., Samira J.: Einführung in die Regelungstechnik mit Fuzzy-Logik. Skript zur Lehrveranstaltung. Technische Fachhochschule Berlin, Fachbereich VI (Informatik und Medien), Berlin 2009/2010.
 - [72] Mannek, W.: Profi-Handbuch Wertermittlung von Immobilien, 5. Auflage, s. 73-74, Walhalla und Praetoria Verlag GmbH & Co. KG, 2009.
-

-
- [73] Margraf, O. M., Sachverständigenbüro für Immobilienbewertungen: Angelsäsisches Verfahren, <http://www.oliver-margraf.de/verfahren/angelsaechsisch.html> (02.2011).
 - [74] Marktwertermittlung, <http://www.immobilienvwertung-wardin.de/marktwertermittlung.htm> (02.2011).
 - [75] Meier G.: Wasser führende Stollen im Altbergbau – Havarien, Analyse, Sicherung, Tagungsband 5. Altbergbau-Kolloquium 03.-05.11.2005 TU Clausthal, S. 201 bis 222, Verlag Glücksauf Essen, Essen, 2005.
 - [76] Müller, D.: Untersuchung zur rechnergestützten Landnutzungsklassifikation unter Verwendung von Zusatzinformationen und Fuzzy-Logik. Diplomarbeit der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau der TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, 2001.
 - [77] Naubereit, P.: Harmonisierung internationaler Immobilienbewertungsansätze. Immobilien Manager Verlag, Köln, 2009.
 - [78] Pliske, C. P.: Fortbestehen einer Sicherungshypothek aus dem Jahr 1926. 2004
 - [79] Pohl, F. W.: Beurteilung von Bauwerken hinsichtlich ihrer bautechnischen Empfindlichkeit gegenüber bergbauinduzierten Bodenbewegungen an der Tagesoberfläche des Ruhrreviers, Schriftenreihe des Institutes für Markscheidewesen und Geodäsie and der TU Bergakademie Freiberg, Verlag Glückauf GmbH, Essen, 2002.
 - [80] Politechnika Warszawska, Politechnika Warszawska, Zakład Napędu Elektrycznego: Podstawy logiki rozmytej i regulatorów rozmytych, <http://www.isep.pw.edu.pl/ZakladNapędu/Instrukcje/Logika%20rozmyta%20-%20podstawy.pdf> (01.2011).
 - [81] Projekt „READY“, Maßnahme A: Analyse verschiedener Alternativen für die Umnutzung der ehemaligen Bergbauhalden als ein dezentralisiertes Erholungsgebiet in der Stadt, Oelsnitz/Erzgeb., 2006.
 - [82] Rechtsanwaltskanzlei Vorloeper: Bergschadensrecht, Altbergbau, http://www.vorloeper.de/altbergbau_tagesbruch.htm (05.2009).
 - [83] Registratur Oelsnitz/Erzgeb.: Schadenskataster, Oelsnitz/Erzgeb., 1997.
 - [84] Reuter, F.: Grundzüge des Flächenmanagements Teil II - Grundstückswertermittlung, Folienkopien und Manuskriptauszüge der Vorlesung, Zweite Auflage, TU Dresden, Dresden, 2011.
 - [85] Romańska, A.: Entwicklung einer Methode zur Wertermittlung von Bergbaubrachten, Institut für Markscheidewesen und Geodäsie, TU Bergakademie Freiberg, unveröff. Bericht für die Stadt Oelsnitz/Erzgeb., Freiberg, 2011.
 - [86] Ross, F. W., Brachmann, R., Holzner, P.: Ermittlung des Bauwertes von Gebäuden und des Verkehrswertes von Grundstücken. Oppermann, 1997, Hannover.
-

-
- [87] Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS): Das Red Book, <http://www.joinricsineurope.eu/de/articles/view/das-red-book-247> (02.2011).
 - [88] Rykaczewski, K.: Systemy rozmyte i ich zastosowania, 21.06.2006, <http://www-users.mat.uni.torun.pl/~mozgun/prace/duszek.pdf> (01.2011).
 - [89] Schultze, E.: Wertermittlung von Gebäuden unter Denkmalschutz. Verl. Pflug und Feder, St. Augustin, 1998.
 - [90] Sprengnetter, H.O.: Grundstücksbewertung-Lehrbuch (Kierig); 17. Ergänzung., Sinzig, 2010.
 - [91] Sroka, A.: Ocena stanu zagrożenia obiektów przy planowaniu eksploatacji górniczej. Prace Naukowe GIG, Seria Górnictwo i Środowisko, Konferencja Naukowo-Szkoleniowa „Bezpieczeństwo i ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych”, Ustroń 24-26 października 2008 nr VI.
 - [92] Sroka, A.: Ocena wpływu projektowanej eksploatacji górniczej na obiekty budowlane z uwzględnieniem wiarygodności, Prace Naukowe GIG, Górnictwo i Środowisko, Katowice, 2006.
 - [93] Statistisches Bundesamt Deutschland, Verbraucherpreisindex, Inflationsrate, <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Grafiken/Preise/Fotografie/VPIDeutschland,templateId=renderLarge.psml> (03.2011).
 - [94] Stemmler, J.: Die neue Immobilienwertermittlungsverordnung, ZfBR Zeitschrift für deutsches und internationales Bau- und Vergaberecht Nr. 7, S. 637-644. 2010.
 - [95] Streich, J. -W. : Praktische Immobilienbewertung. Oppermann, 2003, Hannover.
 - [96] Szelag, Z., Ermittlung des Minderwerts von Gebäuden in Bergsenkungsgebieten, Das Markscheidewesen 96 (1989) Nr.4, S. 327-332, 1989.
 - [97] Szoltysek P.: Sterowanie z wykorzystaniem logiki rozmytej, 24.01.2009, http://www.szoltysek.eu/works/s8_ster_log_roz.pdf (01.2011).
 - [98] Uhlmann, S.: Untersuchungen zum Einfluss von Bergbauhalden auf das Kanalsystem der WAD GmbH, Diplomarbeit, Weidensdorf, 2007.
 - [99] VEB Steinkohlenwerk Oelsnitz: Dokumentation der Tagesöffnungen /Schächte. 1973, Oelsnitz/Erzgeb.
 - [100] Verband Bergbaugeschädigter Haus- und Grundeigentümer e.V.: Gesamt-Minderwertabkommen VBHG / RAG, Herten, Jülich, 2001.
 - [101] Vogel, R.: Das Lugau-Oelsnitzer Steinkohlenrevier. Mugler Druck-Service GmbH Hohenstein - Ernstthal.
 - [102] Vorloeper, D., Immekus, P.: Bergschäden in der Praxis. Der Bausachverständige, S. 38-46. 2006.
-

- [103] Weber, U.: Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit prophylaktischer Sicherungsmaßnahmen, die zur Vermeidung von Bergschäden infolge von Pressungen durch den untertägigen Steinkohlenbergbau an Hochbauten eingesetzt werden. 1986, Essen.
- [104] WHO, Guidelines for Drinking-water Quality, Geneva, 2008.
- [105] Wüstenrot Haus- und Städtebau (WHS): Städtebauliche Erneuerung im Gebiet "Neuoelsnitz". Wüstenrot Haus- und Städtebau GmbH, Dresden, 2007.
- [106] Wüstenrot Haus- und Städtebau (WHS): Standortuntersuchungen im Gebiet Karl-Liebke-Schacht. Wüstenrot Haus- und Städtebau GmbH Dresden, 2006.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 3.1	Verfahren der Wertermittlung nach ImmoWertV [74].....	6
Abb. 3.2	Sachwertverfahren nach der Immobilienwertermittlungsverordnung [84].....	12
Abb. 3.3	Überlegung zum Wertermittlungsverfahren [84]	14
Abb. 3.4	Verfahren der Wertermittlung in Polen	20
Abb. 4.1	Besonderheiten der Wertermittlung von bergbaubeeinflussten Immobilien	21
Abb. 4.2	Zuordnung von Unstetigkeiten zur Abbausituation [40]	24
Abb. 4.3	Minderwert bei Wohngebäuden, VBHG-Abkommen 6/87 (1989) [96]	30
Abb. 4.4	Minderwert bei Gebäuden anderer Nutzung, VBHG-Abkommen (1989) [96]....	30
Abb. 5.1	Berechnungsablauf der Risikoprämie p	35
Abb. 5.2	Ablauf zur Abschätzung der bergbaubedingten Wertminderung von Gebäuden [85]	36
Abb. 5.3	Darstellung der Abhängigkeit zwischen der Punktzahl und der Verträglichkeit gegenüber den Längenänderungen von der Punktzahl, der Verträglichkeitskategorie und der Längenänderung [60]	39
Abb. 5.4	Darstellung der Abhängigkeit zwischen der Punktzahl und der Verträglichkeit gegenüber den Pressungen von der Punktzahl, der Verträglichkeitskategorie und der Pressung	42
Abb. 5.5	Darstellung der Abhängigkeit zwischen der Punktzahl und der Verträglichkeit gegenüber den Zerrungen von der Punktzahl, der Verträglichkeitskategorie und der Zerrung	43
Abb. 5.6	Die Elemente der Bodenbewegung über einer Abbaufäche [63]	43
Abb. 5.7	Auswirkung der Bergbautätigkeit auf die bebaute Tagesoberfläche [63]	44
Abb. 5.8	Die Lageänderung der Punkte 1 und 2, dargestellt im Schnitt (oben) und Grundriss (unten) zusammen mit den daraus abgeleiteten Komponenten [63]....	44
Abb. 5.9	Kategorien bergbaulicher Einwirkungen an Gebäuden [85]	51

Abb. 5.10	Kategorien der potenziellen Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen [32][85].....	52
Abb. 5.11	Kategorien der Sickerwassergefahr [85].....	53
Abb. 5.12	Kategorien der Altlastenverdachtsflächengefahr [85]	54
Abb. 5.13	Kategorien der Investitionsattraktivität hinsichtlich der Wohnimmobilien-Lage [85]	55
Abb. 5.14	Kategorien der Investitionsattraktivität hinsichtlich der Gewerbeimmobilien-Lage [85]	55
Abb. 5.15	Kategorien der Attraktivität der Immobilien hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten [85].....	56
Abb. 6.1	Beispiel der Menge und der Zugehörigkeitsfunktion der klassischen Logik [80]	59
Abb. 6.2	Beispiel der Menge und der Zugehörigkeitsfunktion der Fuzzy-Logik [80]	59
Abb. 6.3	Zugehörigkeitsfunktionen für die linguistische Variable „Temperatur“ [2]	60
Abb. 6.4	Etappen der Fuzzy-Regelung [70]	61
Abb. 6.5	Fuzzifizierung [80]	62
Abb. 6.6	Dreiecksfunktion [65].....	62
Abb. 6.7	Trapezfunktion [65].....	63
Abb. 6.8	S - Funktion [65]	64
Abb. 6.9	Z - Funktion [65]	64
Abb. 6.10	Gauss – Funktion [76]	65
Abb. 6.11	MIN-Operator - Verknüpfung zweier Fuzzy-Sets [71]	67
Abb. 6.12	PROD-Operator - Verknüpfung zweier Fuzzy-Sets [71]	67
Abb. 6.13	MAX-Operator - Verknüpfung zweier Fuzzy-Sets [70].....	68
Abb. 6.14	PROBOR-Operator - Verknüpfung zweier Fuzzy-Sets [70]	68
Abb. 6.15	Ergebnis der Fuzzy-Interferenz.....	70
Abb. 6.16	Mittelwert-Maximum-Methode.....	70

Abb. 6.17	Erste Maximum-Methode.....	71
Abb. 6.18	Letzte Maximum-Methode	71
Abb. 6.19	Flächenschwerpunkt-Methode.....	72
Abb. 7.1	Bergbaugebiet von Lugau-Oelsnitz [81] mit eigener Darstellung.....	73
Abb. 7.2	Karte der Bodensenkungen von 1900-1970 [81] mit eigener Darstellung	75
Abb. 8.1	Empfindlichkeit von Gebäuden gegenüber Zerrungen (Z) und Pressungen (P) im ehem. Kaiserin-Augusta-Schacht-Gebiet während des aktiven Bergbaus.....	80
Abb. 8.2	Empfindlichkeit von Gebäuden gegenüber Zerrungen (Z) und Pressungen (P) im Albert-Funk-Schacht, Rudolfstraße-Gebiet und Bahnhofsgebäude während des aktiven Bergbaus	81
Abb. 8.3	Empfindlichkeit von Gebäuden gegenüber Zerrungen (Z) und Pressungen (P) im Oberen Hauptstraße-Gebiet während des aktiven Bergbaus	82
Abb. 8.4	Maximale Zerrungen und Pressungen im ehem. Kaiserin-Augusta-Schacht-Gebiet während des aktiven Bergbaus	84
Abb. 8.5	Maximale Zerrungen und Pressungen im Albert-Funk-Schacht-Gebiet und Rudolfstraße-Gebiet während des aktiven Bergbaus.....	85
Abb. 8.6	Maximale Zerrungen und Pressungen im Oberen Hauptstraße-Gebiet während des aktiven Bergbaus	86
Abb. 8.7	Maximale Zerrungen und Pressungen am Bahnhofsgebäude während des aktiven Bergbaus	86
Abb. 8.8	Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable bergbaubedingter Wertminderungen“ für Einfamilienhäuser	90
Abb. 8.9	Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable bergbaubedingter Wertminderungen“ für Mehrfamilienhäuser	90
Abb. 8.10	Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable bergbaubedingter Wertminderungen“ für Geschäftshäuser.....	90
Abb. 8.11	Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable bergbaubedingter Wertminderungen“ für Industriegebäude	91

Abb. 8.12	Bergbaubedingte Wertminderungen der analysierten Gebäude im Oberen Hauptstraße-Gebiet	91
Abb. 8.13	Bergbaubedingte Wertminderungen der analysierten Gebäude im ehem. Kaiserin-Augusta-Schacht-Gebiet	92
Abb. 8.14	Bergbaubedingte Wertminderungen der analysierten Gebäude im Albert-Funk-Schacht, Rudolfstraße-Gebiet und Bahnhofsgebäude	93
Abb. 8.15	Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable „Oberflächenvernässungen“	96
Abb. 8.16	Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable „Sickerwassergefahr“	97
Abb. 8.17	Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable „Altlastenverdachtsflächen“	98
Abb. 8.18	Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable „Investitionsattraktivität vs. Lage“	99
Abb. 8.19	Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable „Investitionsattraktivität vs. Verkehrsanbindungsmöglichkeiten“	100
Abb. 8.20	Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable „Risikoprämie für Wohnimmobilien“	101
Abb. 8.21	Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable „Risikoprämie für Gewerbeimmobilien“	102
Abb. 8.22	Fuzzifizierung der linguistischen Variable „bergbaubedingte Wertminderungen“ für Industriegebäude	103
Abb. 8.23	Fuzzifizierung der linguistischen Variable „Oberflächenvernässungen“	104
Abb. 8.24	Fuzzifizierung der linguistischen Variable „Sickerwassergefahr“	105
Abb. 8.25	Fuzzifizierung der linguistischen Variable „Altlastenverdachtsflächen“	106
Abb. 8.26	Fuzzifizierung der linguistischen Variable „Investitionsattraktivität vs. Lage“	107
Abb. 8.27	Fuzzifizierung der linguistischen Variable „Investitionsattraktivität vs. Verkehrsanbindungsmöglichkeiten“	108
Abb. 8.28	Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable „Risikozuschlag p_s “ der standortspezifischen Komponenten	110

Abb. 8.29	Das Implikationsergebnis der Mengen: bergbaubedingte Wertminderungen „keine“, potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen „nicht gefährlich“ und Sickerwassergefahr „nicht gefährlich“	110
Abb. 8.30	Das Implikationsergebnis der Mengen: bergbaubedingte Wertminderungen „keine“, potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen „nicht gefährlich“ und Sickerwassergefahr „wenig gefährlich“	110
Abb. 8.31	Das Implikationsergebnis der Mengen: bergbaubedingte Wertminderungen „keine“, potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen „wenig gefährlich“ und Sickerwassergefahr „nicht gefährlich“	111
Abb. 8.32	Das Implikationsergebnis der Mengen: bergbaubedingte Wertminderungen „keine“, potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen „wenig gefährlich“ und Sickerwassergefahr „wenig gefährlich“	111
Abb. 8.33	Das Implikationsergebnis der Mengen: bergbaubedingte Wertminderungen „wenige“, potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen „nicht gefährlich“ und Sickerwassergefahr „nicht gefährlich“	111
Abb. 8.34	Das Implikationsergebnis der Mengen: bergbaubedingte Wertminderungen „wenige“, potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen „nicht gefährlich“ und Sickerwassergefahr „wenig gefährlich“	112
Abb. 8.35	Das Implikationsergebnis der Mengen: bergbaubedingte Wertminderungen „wenige“, potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen „wenig gefährlich“ und Sickerwassergefahr „nicht gefährlich“	112
Abb. 8.36	Das Implikationsergebnis der Mengen: bergbaubedingte Wertminderungen „wenige“, potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen „wenig gefährlich“ und Sickerwassergefahr „wenig gefährlich“	112
Abb. 8.37	Ergebnis der Fuzzy-Interferenz für den Risikozuschlag p_s der standortspezifischen Komponenten	113
Abb. 8.38	Zugehörigkeitsfunktionen der linguistischen Variable „Risikozuschlag p_I “ der immobilien-spezifischen Komponenten	114
Abb. 8.39	Das Implikationsergebnis der Mengen: Altlastenverdachtsflächen-gefahr „wenig gefährlich“, Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „attraktiv“ und Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „sehr attraktiv“	115

Abb. 8.40	Das Implikationsergebnis der Mengen: Altlastenverdachtsflächen­gefahr „wenig gefährlich“, Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „attraktiv“ und Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „erheblich attraktiv“	115
Abb. 8.41	Das Implikationsergebnis der Mengen: Altlastenverdachtsflächen­gefahr „wenig gefährlich“, Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „mittelattraktiv“ und Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „sehr attraktiv“	115
Abb. 8.42	Das Implikationsergebnis der Mengen: Altlastenverdachtsflächen­gefahr „wenig gefährlich“, Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „mittelattraktiv“ und Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „erheblich attraktiv“	116
Abb. 8.43	Das Implikationsergebnis der Mengen: Altlastenverdachtsflächen­gefahr „mittelgefährlich“, Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „attraktiv“ und Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „sehr attraktiv“	116
Abb. 8.44	Das Implikationsergebnis der Mengen: Altlastenverdachtsflächen­gefahr „mittelgefährlich“, Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „attraktiv“ und Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „erheblich attraktiv“	116
Abb. 8.45	Das Implikationsergebnis der Mengen: Altlastenverdachtsflächen­gefahr „mittelgefährlich“, Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „mittelattraktiv“ und Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „sehr attraktiv“	117
Abb. 8.46	Das Implikationsergebnis der Mengen: Altlastenverdachtsflächen­gefahr „mittelgefährlich“, Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage „mittelattraktiv“ und Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten „erheblich attraktiv“	117
Abb. 8.47	Ergebnis der Fuzzy-Interferenz für den Risikozuschlag p_I der immobilien­spezifischen Komponenten	117
Abb. 8.48	Bestimmung der scharfen Ausgangsgröße der Risikoprämie p_S	118
Abb. 8.49	Bestimmung der scharfen Ausgangsgröße der Risikoprämie p_I	118

Abb. 8.50	Bestimmung der Risikoprämie p_s [%] mittels MATLAB Fuzzy Logic Toolbox.....	119
Abb. 8.51	Bestimmung der Risikoprämie p_l [%] mittels MATLAB Fuzzy Logic Toolbox.....	119
Abb. 8.52	Annahmen zur Risikoprämienberechnung für Gewerbeimmobilien mittels MATLAB Fuzzy.....	120
Abb. 8.53	Bestimmung der Risikoprämie p [%] für die Gewerbeimmobilien mittels MATLAB Fuzzy.....	120
Abb. 8.54	Risikoprämien der Gebäude im ehemaligen Kaiserin-Augusta-Schacht-Gebiet.....	122
Abb. 8.55	Risikoprämien der Gebäude im Albert-Funk-Schacht	123
Abb. 8.56	Risikoprämien der Gebäude im Rudolfstraße-Gebiet.....	123
Abb. 8.57	Risikoprämien der Bahnhofsgebäude	124
Abb. 8.58	Risikoprämien der Gebäude im Oberen Hauptstraße-Gebiet	124
Abb. 9.1	Kontrolle des Fuzzy-Modells	131

Tabellenverzeichnis

Tab. 4.1	Merkantiler Minderwert [100].....	32
Tab. 5.1	Klassifizierung der Bebauung hinsichtlich der Verträglichkeitskategorien [79]..	38
Tab. 5.2	Bewertungspunkte und Klassifizierung im Hinblick auf die Empfindlichkeit gegenüber bergbaulicher Einwirkungen [79]	40
Tab. 5.3	Die Zuordnung der horizontalen Längenänderungen und der Verträglichkeit der Gebäude gegenüber bergbaulicher Einwirkungen für die Bestimmung des Faktors A1 und/oder des Faktors A2 [85]	46
Tab. 5.4	Vorschädigungsgrad im Sinne der Gebrauchsfähigkeit [79]	46
Tab. 5.5	Die Faktoren A1 und A2 zur Bestimmung der Schadensgrade des Gebäudewertes [85]	47
Tab. 5.6	Faktor A3 – Nutzungserschweris [85]	48
Tab. 5.7	Faktoren der Prognosen bergbaulicher Einwirkungen an Gebäuden [85]	49
Tab. 6.1	Die Grundformeln der T-Norm [88]	66
Tab. 6.2	Die Grundformeln der S-Norm [88]	68
Tab. 8.1	Pressungs- und Zerrungsverträglichkeitsgröße den analysierten Objekten	79
Tab. 8.2	Maximale, aufgetretene Längenänderungen an den analysierten Objekten.....	83
Tab. 8.3	Bestimmung des erheblichen Substanzschadens (Faktor A1) und des erheblichen Eingriffs in die Tragwerkskonstruktion (Faktor A2) für die analysierten Objekte	87
Tab. 8.4	Bestimmung der Nutzungserschweris (Faktor B) für die analysierten Objekte .	88
Tab. 8.5	Bergbaubedingte Wertminderungen für die analysierten Objekte.....	89
Tab. 8.6	Gefahrstufen hinsichtlich der potenziellen Oberflächenvernässungen.....	94
Tab. 8.7	Bestimmung der potenziellen Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen	95
Tab. 8.8	Potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen	95

Tab. 8.9	Bestimmung der Sickerwassergefahrbereiche	97
Tab. 8.10	Risikoprämien der analysierten Objekte.....	121
Tab. 8.11	Diskontfaktor für jedes analysierte Objekt	126
Tab. 8.12	Ermittlung des Wertes des Gebäudes Nr. 25 mittels DCF-Verfahren.....	127
Tab. 8.13	Wert jeder analysierten Immobilie unter den vorgenannten Annahmen	128
Tab. 9.1	Anzahl der Objekte, deren bergbaubedingte Risiken (p_s) entscheidend für die Wertermittlung sind.....	129
Tab. 9.2	Anzahl der Objekte, deren immobilisenspezifische Risiken (p_I) entscheidend für die Wertermittlung sind	129
Tab. 9.3	Das Verhältnis des bergbaubedingten Risikozuschlags p zum bergbaufreien Risikozuschlag p'	130

Anlagen

Anlage 1	Untersuchte Objekte
Anlage 2	Fuzzy-Regeln
Anlage 3	Risikoprämie
Anlage 4	Gebäudeattribute, Bewertungspunkte und Klassifizierung im Hinblick auf die Empfindlichkeit gegenüber bergbaulichen Einwirkungen
Anlage 5	Potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen in analysierten Gebieten
Anlage 6	Sickerwassergefahr in analysierten Gebieten
Anlage 7	Altlastenverdachtsflächengafahr in analysierten Gebieten
Anlage 8	Investitionsattraktivität für Wohnimmobilien hinsichtlich der Lage in analysierten Gebieten
Anlage 9	Investitionsattraktivität für Gewerbeimmobilien hinsichtlich der Lage in analysierten Gebieten
Anlage 10	Investitionsattraktivität hinsichtlich Verkehrsanbindungsmöglichkeiten in analysierten Gebieten
Anlage 11	Objektstandort
Anlage 12	Vermietungsstand in % und Nutzfläche in m ²

ANLAGE 1

Untersuchte Objekte



Bild 1. Gebäudekomplex-ehem. Kaiserin-Augusta-Schacht



Bild 2. Halle 18



Bild 3. Halle 18



Bild 4. Halle 18



Bild 5. Halle 18



Bild 6. Halle 18



Bild 7. Halle 17



Bild 8. Halle 17



Bild 9. Halle 17



Bild 10. Halle 17



Bild 11. Halle 17



Bild 12. Halle 17



Bild 13. Halle 19



Bild 14. Halle 19



Bild 15. Halle 19



Bild 16. Gebäude 15



Bild 17. Gebäude 15



Bild 18. Gebäude 15



Bild 19. Gebäude 15

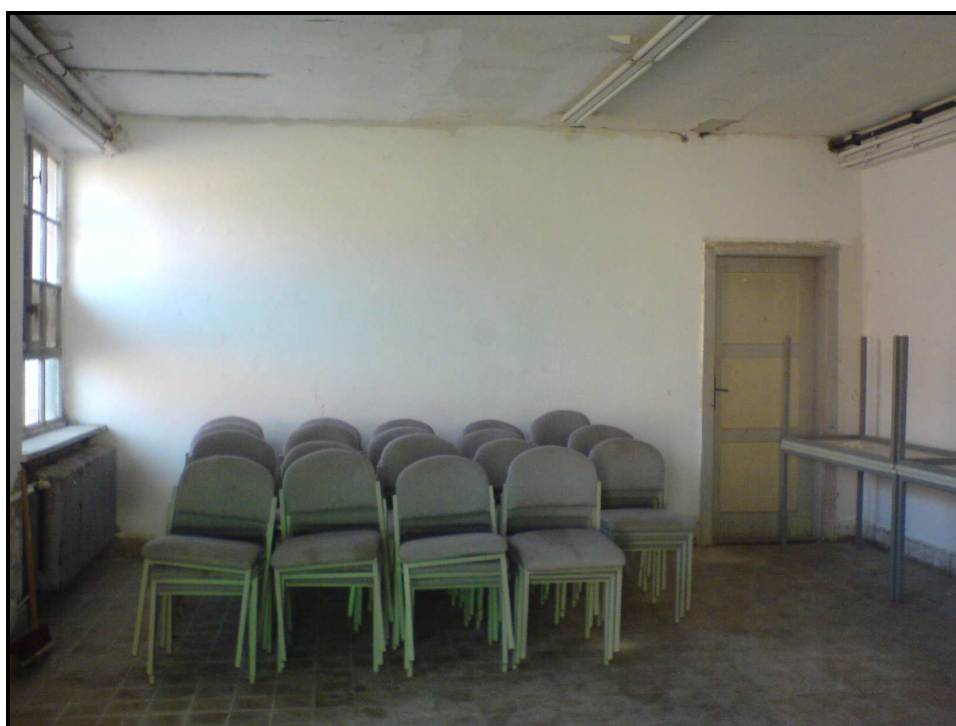


Bild 20. Gebäude 15



Bild 21. Gebäude 15



Bild 22. Kesselhaus



Bild 23. Kesselhaus



Bild 24. Kesselhaus



Bild 25. chem. Bergarbeitersiedlung – Willibald-Emmrich-Straße



Bild 26. chem. Bergarbeitersiedlung – Willibald-Emmrich-Straße



Bild 27. ehem. Bergarbeitersiedlung – Willibald-Emmrich-Straße



Bild 28. Bahnhofsgebäude



Bild 29. Bahnhofsgebäude



Bild 30. Bahnhofsgebäude



Bild 31. Bahnhofsgebäude



Bild 32. Albert-Funk-Schacht-Gebiet



Bild 33. Albert-Funk-Schacht-Gebiet



Bild 34. Albert-Funk-Schacht-Gebiet



Bild 35. Albert-Funk-Schacht-Gebiet



Bild 36. Albert-Funk-Schacht-Gebiet



Bild 37. Albert-Funk-Schacht-Gebiet



Bild 38. Albert-Funk-Schacht-Gebiet



Bild 39. Albert-Funk-Schacht-Gebiet



Bild 40. Albert-Funk-Schacht-Gebiet



Bild 41. Albert-Funk-Schacht-Gebiet



Bild 42. Albert-Funk-Schacht-Gebiet



Bild 43. Albert-Funk-Schacht-Gebiet



Bild 44. Albert-Funk-Schacht-Gebiet



Bild 45. Albert-Funk-Schacht-Gebiet



Bild 46. Albert-Funk-Schacht-Gebiet



Bild 47. Albert-Funk-Schacht-Gebiet



Bild 48. Rudolfstraße-Gebiet



Bild 49. Rudolfstraße-Gebiet



Bild 50. Obere Hauptstraße-Gebiet








Bild 51. Obere Hauptstraße-Gebiet

ANLAGE 2

Fuzzy-Regeln

- p_s

wenige	
mittlere	
erhebliche	
große	
sehr große	

bergbaubedingte Wertminderungen:

- k - keine
- w - wenige
- m - mittlere
- e - erhebliche
- g - große
- sg - sehr große

Potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen:






- ng - nicht gefährlich
- wg - wenig gefährlich
- mg - mittelgefährlich
- g - gefährlich
- sg - sehr gefährlich

Sickerwassergefahr:

- ng - nicht gefährlich
- wg - wenig gefährlich
- mg - mittelgefährlich
- g - gefährlich
- sg - sehr gefährlich

[illegible]

- p_I

wenige	
mittlere	
erhebliche	
große	
sehr große	

Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten:

- sa - sehr attraktiv
- ea - erheblich attraktiv
- a - attraktiv
- m - mittelattraktiv
- w - wenig attraktiv
- sw - sehr wenig attraktiv
- ua - unattraktiv

Investitionsattraktivität hinsichtlich der Lage:

- sa - sehr attraktiv
- a - attraktiv
- m - mittelattraktiv
- w - wenig attraktiv
- n - nicht attraktiv

Altlastenverdachtsflächengefahr:

- w - wenig gefährlich
- m - mittelgefährlich
- g - gefährlich
- sg - sehr gefährlich

[illegible]

- p

kleine	
mittlere	
erhebliche	
große	
sehr große	

		p_s				
p_I		wenige	mittlere	erhebliche	große	sehr große
	wenige					
	mittlere					
	erhebliche					
	große					
	sehr große					

ANLAGE 3

Risikoprämie

Objekt Nr.	Nutzung	bergbaubedingte Wertminderungen (Längenänderungen, Schiefstellungen)	Oberflächen- vernä- ssungen	Sickerwasser- gefahr	p_s [%]	Altlasten- verdachts- flächengefahr	Investitionsattraktivität hinsichtlich		p_I [%]	p [%]
							Lage	Verkehrsanbindungs- möglichkeiten		
1	Industriegebäude	1,0	0,4	0,0	1,12	0,0	4,0	27,0	1,06	6,96
2	Mehrfamilienhaus	3,0	0,4	0,0	1,21	0,0	1,0	18,0	1,23	3,57
3	Wohn- und Geschäftshaus	7,6	0,8	7,0	2,43	0,0	6,0	197,0	2,50	7,99
4	Wohn- und Geschäftshaus	6,4	0,7	1,2	2,38	0,0	4,0	206,0	1,68	7,72
5	Mehrfamilienhaus	6,0	0,7	1,2	2,37	0,0	3,0	244,0	1,89	3,69
6	Industriegebäude	4,0	0,5	1,2	2,37	0,0	4,0	362,0	1,68	7,72
7	Industriegebäude	8,0	0,5	1,2	2,41	10,0	4,0	382,0	2,94	9,37
8	Industriegebäude	7,5	0,8	7,0	3,16	7,0	4,0	242,0	2,60	9,98
9	Industriegebäude	5,5	0,8	1,2	2,38	0,0	1,0	193,0	2,36	7,99
10	Industriegebäude	9,9	0,8	1,2	2,39	0,0	2,5	146,0	2,30	7,98
11	Industriegebäude	2,0	0,5	1,2	2,12	1,0	2,5	313,0	2,36	7,94
12	Industriegebäude	4,0	0,5	1,7	2,47	1,0	1,0	307,0	2,43	7,99
13	Industriegebäude	3,0	0,5	7,0	2,39	1,0	1,0	313,0	2,43	7,99
14	Industriegebäude	4,0	0,5	7,0	2,47	1,0	1,0	307,0	2,43	7,99
15	Industriegebäude	7,0	0,5	7,0	2,90	1,0	1,0	319,0	2,42	9,23
16	Industriegebäude	4,0	0,5	7,0	2,47	1,0	1,0	364,0	2,41	7,99
17	Industriegebäude	4,0	0,5	7,0	2,47	1,0	1,0	351,0	2,41	7,99
18	Industriegebäude	2,0	0,5	7,0	2,11	1,0	1,0	419,0	2,45	7,93
19	Industriegebäude	4,0	0,5	7,0	2,47	1,0	1,0	406,0	2,44	8,00
20	Industriegebäude	4,0	0,5	7,0	2,47	1,0	1,0	382,0	2,42	7,99
21	Mehrfamilienhaus	12,0	0,5	1,6	2,46	1,0	4,0	344,0	1,93	3,69
22	Einfamilienhaus	1,2	0,6	0,5	1,11	0,0	2,0	57,0	1,81	3,39
23	Wohn- und Geschäftshaus	1,8	0,3	1,2	1,46	5,0	4,1	94,0	2,44	7,51
24	Industriegebäude	1,7	0,3	1,2	1,97	1,0	2,6	150,0	2,32	7,90
25	Industriegebäude	1,7	0,3	1,2	1,97	1,0	2,6	140,0	2,33	7,90
26	Industriegebäude	3,7	0,3	1,2	2,37	5,0	3,8	115,0	2,42	7,99
27	Industriegebäude	3,9	0,3	1,5	2,45	1,0	2,6	210,0	2,29	7,97
28	Mehrfamilienhaus	1,8	0,2	0,8	1,33	0,0	2,0	152,0	2,44	3,45
29	Mehrfamilienhaus	8,3	0,2	0,8	2,08	0,0	2,0	125,0	2,36	3,73
30	Mehrfamilienhaus	8,5	0,2	0,8	2,08	0,0	2,0	80,0	2,06	3,75
31	Mehrfamilienhaus	7,5	0,2	0,8	2,09	0,0	2,0	89,0	2,15	3,75
32	Mehrfamilienhaus	1,5	0,2	0,8	1,27	0,0	2,0	124,0	2,36	3,43
33	Wohn- und Geschäftshaus	3,2	0,8	0,6	1,62	0,0	2,5	20,0	1,29	7,68

ANLAGE 4

Gebäudeattribute, Bewertungspunkte und Klassifizierung im Hinblick auf die Empfindlichkeit gegenüber bergbaulichen Einwirkungen

Objekt Nr.	Baustoffe und Konstruktion	Bauwerkslänge [m]***	Baugrund	Unterkellerung	Geschossanzahl	Vorschädigungsstufe und Bauwerksalter	Summe der Punkte	
							Pressung	Zerrung
1	K5	ca. 16	B3	U1	G4	V1	43	58
2	K4	ca. 14	B3	U2	G0	V0	55	76
3	K4	ca. 18	B1	U1	G4	V1	66	87
4	K4	ca. 19	B1	U2	G0	V0	76	102
5	K4	ca. 12	B1	U2	G0	V3	63	92
6	K3	ca. 26	B1	U1	G2	V0	76	103
7	K4	ca. 40	B1	U1	G4	V3	39	52
8	K2	ca. 26	B3/B4	U1	G4	V3	57	95
9	K3	ca. 47	B1	U1	G4	V0	54	67
10	K4	ca. 33	B1	U1	G4	V0	63	80
11	K4	ca. 12	B1	U1	G4	V0	78	106
12	K4	ca. 31	B1/B3/B4	U2	G2	V3	30	47
13	K4	ca. 31	B3/B4	U1	G4	V1	33	43
14	K4	ca. 35	B3/B4	U1	G4	V3	21	31
15	K4	ca. 40	B3/B4	U3	G4	V1	3	3
16	K4	ca. 41	B3/B4	U1	G2	V3	20	31
17	K4	ca. 23	B3/B4	U1	G2	V3	35	54
18	K2	ca. 69	B3/B4	U1	G4	V0	43	71
19	K4	ca. 28	B3/B4	U1	G4	V3	28	41
20	K4	ca. 32	B3/B4	U1	G2	V3	28	42
21	K2	ca. 28	B3/B4	U1	G2	V0	77	117
22	K4	ca. 10	B1	U2	G2	V1	63	91
23	K3	ca. 18	B1	U1	G4	V0	78	105
24	K3	ca. 52	B1	U2	G0	V0	50	65
25	K3	ca. 56	B1	U3	G4	V0	25	31
26	K3	ca. 50	B1	U3	G4	V0	29	36
27	K3	ca. 56	B1	U2	G4	V0	35	47
28	K3	ca. 24	B1	U2	G2	V0	66	94
29	K3	ca. 45	B1	U2	G2	V0	48	64
30	K3	ca. 45	B1	U2	G2	V0	48	64
31	K3	ca. 23	B1	U2	G2	V0	67	95
32	K3	ca. 39	B1	U2	G2	V0	53	73
33	K4	ca. 42	B1	U3	G3	V0	55	72

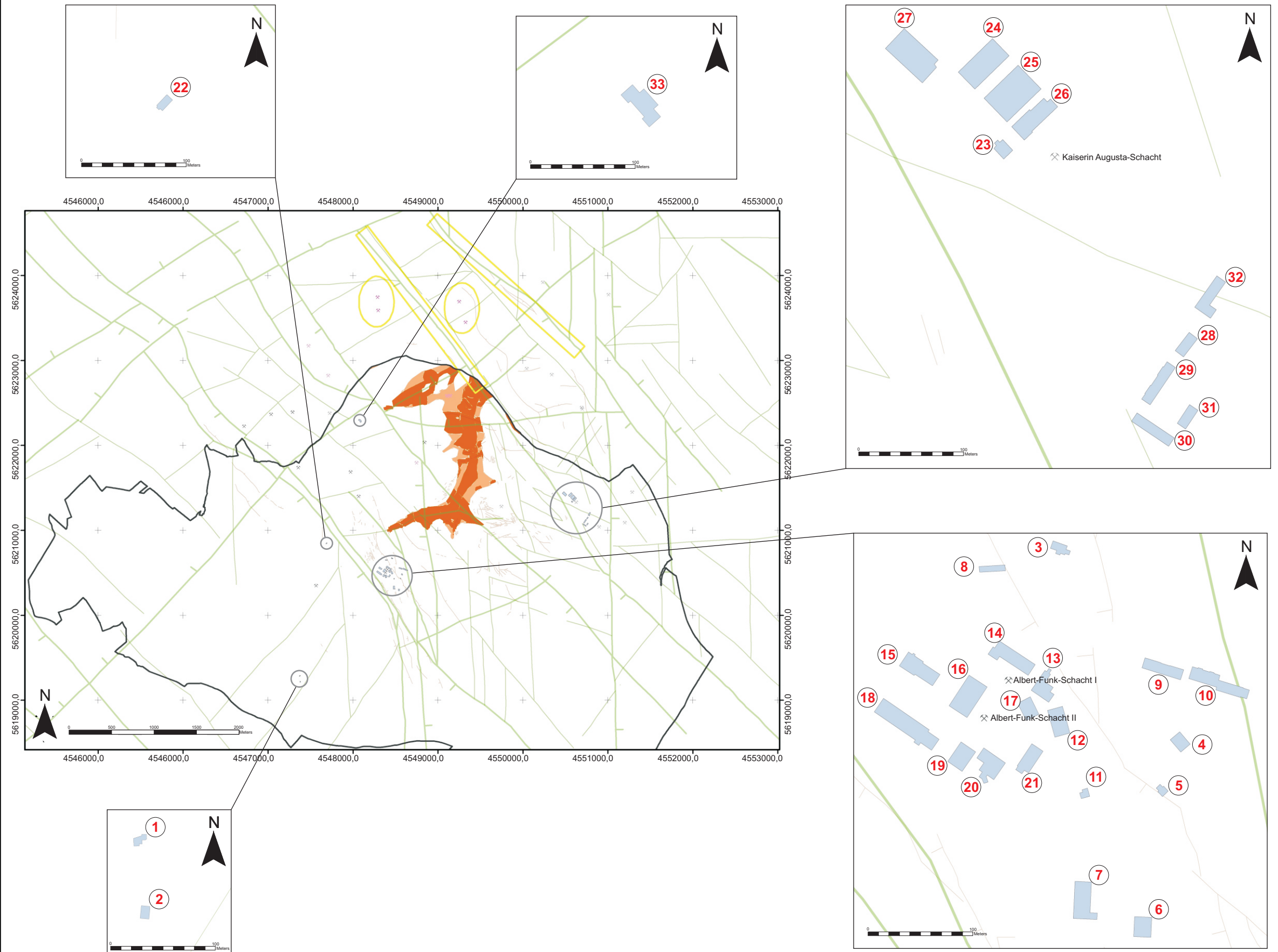
*** maximale Grundrissausdehnung über die Diagonale

Potenzielle Gefährdungsbereiche für Oberflächenvernässungen in analysierten Gebieten

Anlage 5

- Legend**
- Oelsnitz_Grenze
 - Objekt
 - Schacht**
 - Wasseraustritt 400mHN
 - ja
 - ja/besonders
 - nein
 - unwahrscheinlich
 - große Störungen
 - kleine Störungen
 - III und IV Bereiche
 - Erdrisse
 - Vernässung**
 - Value
 - nicht gefährlich
 - sehr gefährlich
 - Objekt Nr. 28

TU Bergakademie Freiberg
Institut für Markscheidewesen und Geodäsie
Anna Romaniska-Sobol



Sickerwassergefahr in analysierten Gebieten

Anlage 6

Legend

- Objekt
- Oelsnitz_Grenze
- Wasserscheiden
- Abfluss
- Gewässer
- Schacht
- Halde

Sickerwassergefahr

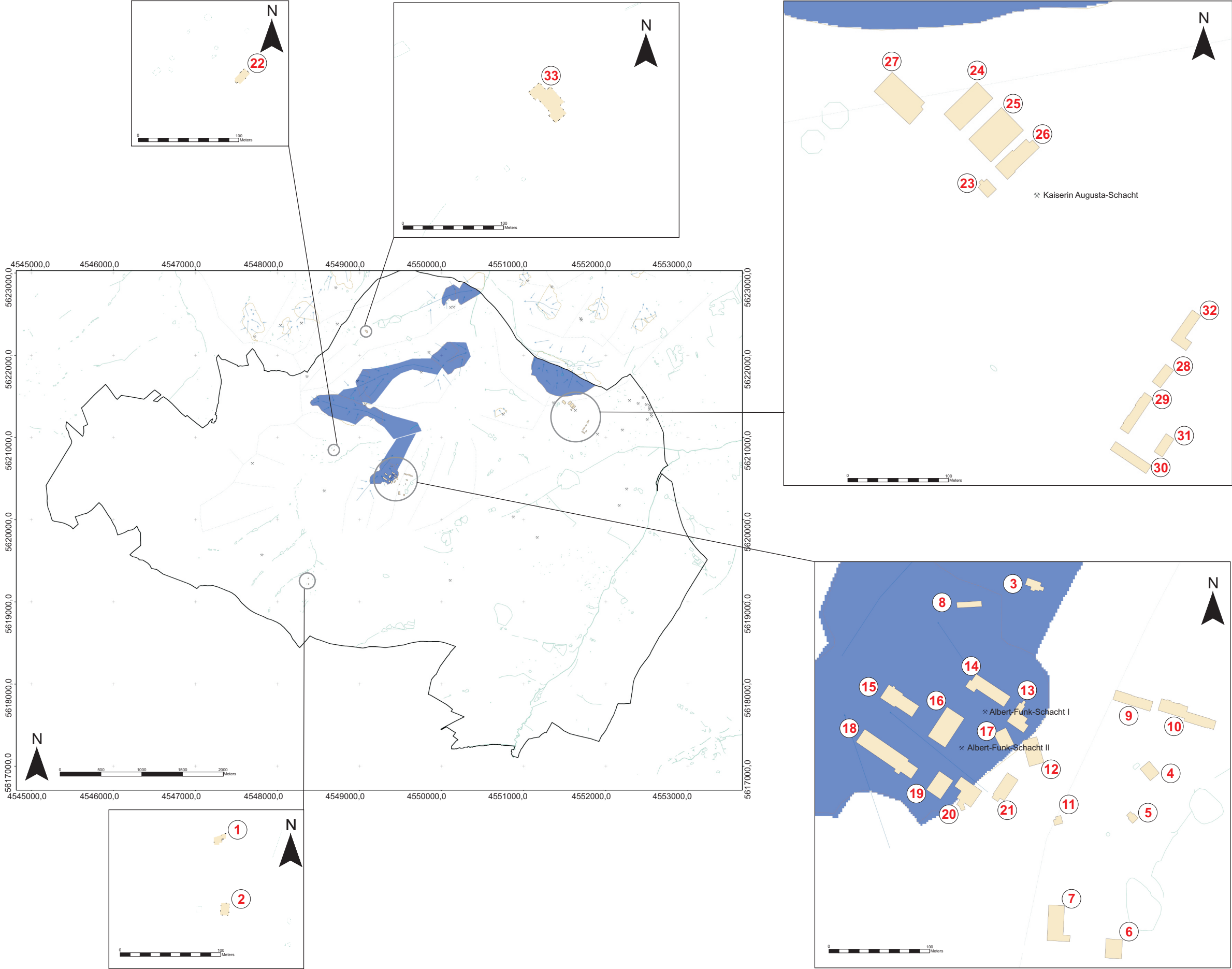
Value

sehr gefährlich

nicht gefährlich

28 Objekt Nr.

TU Bergakademie Freiberg
Institut für Markscheidewesen und Geodäsie
Anna Romaniska-Sobol



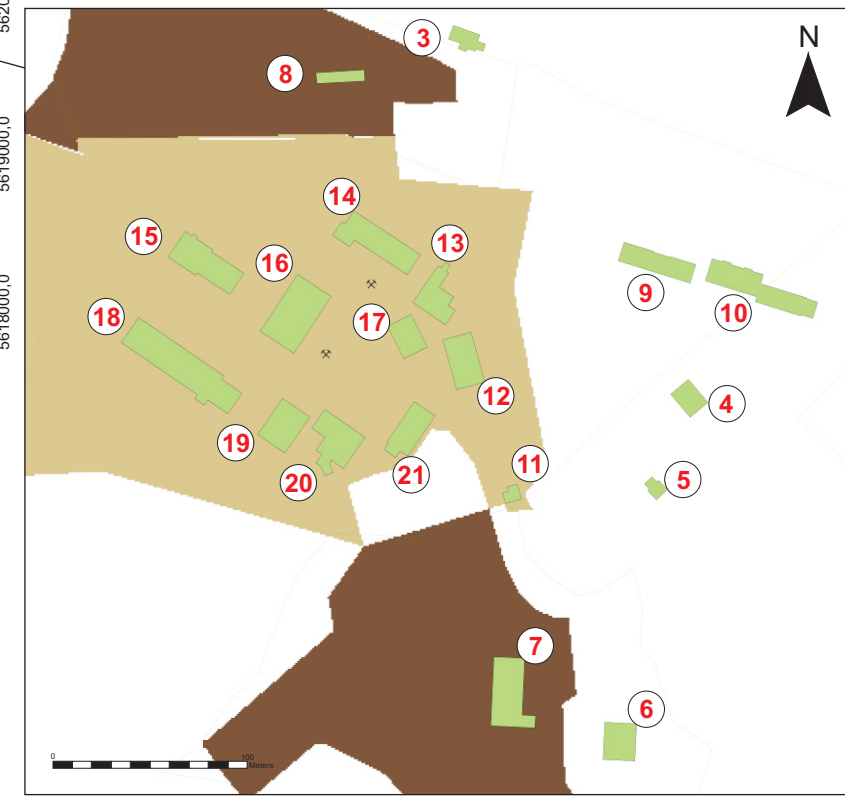
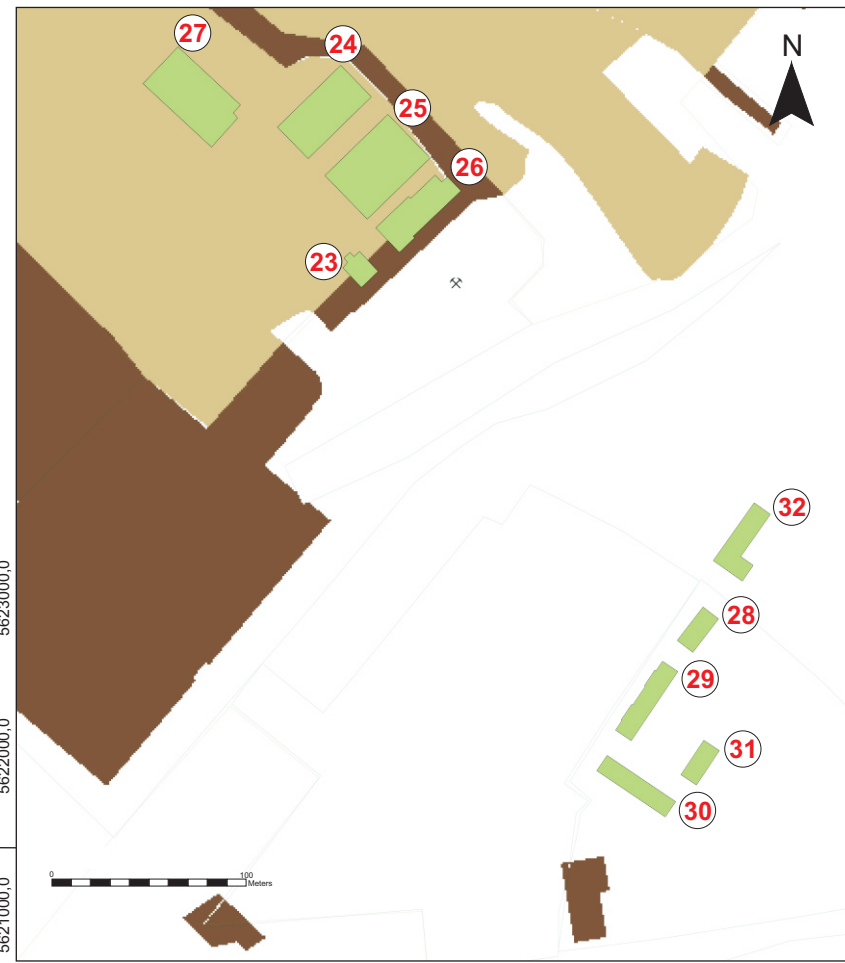
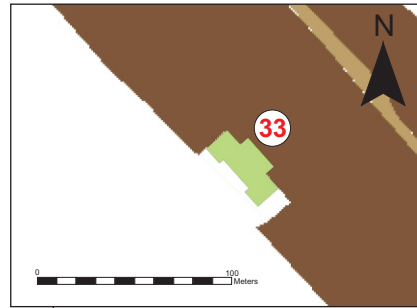
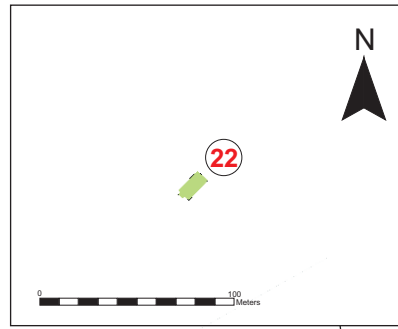
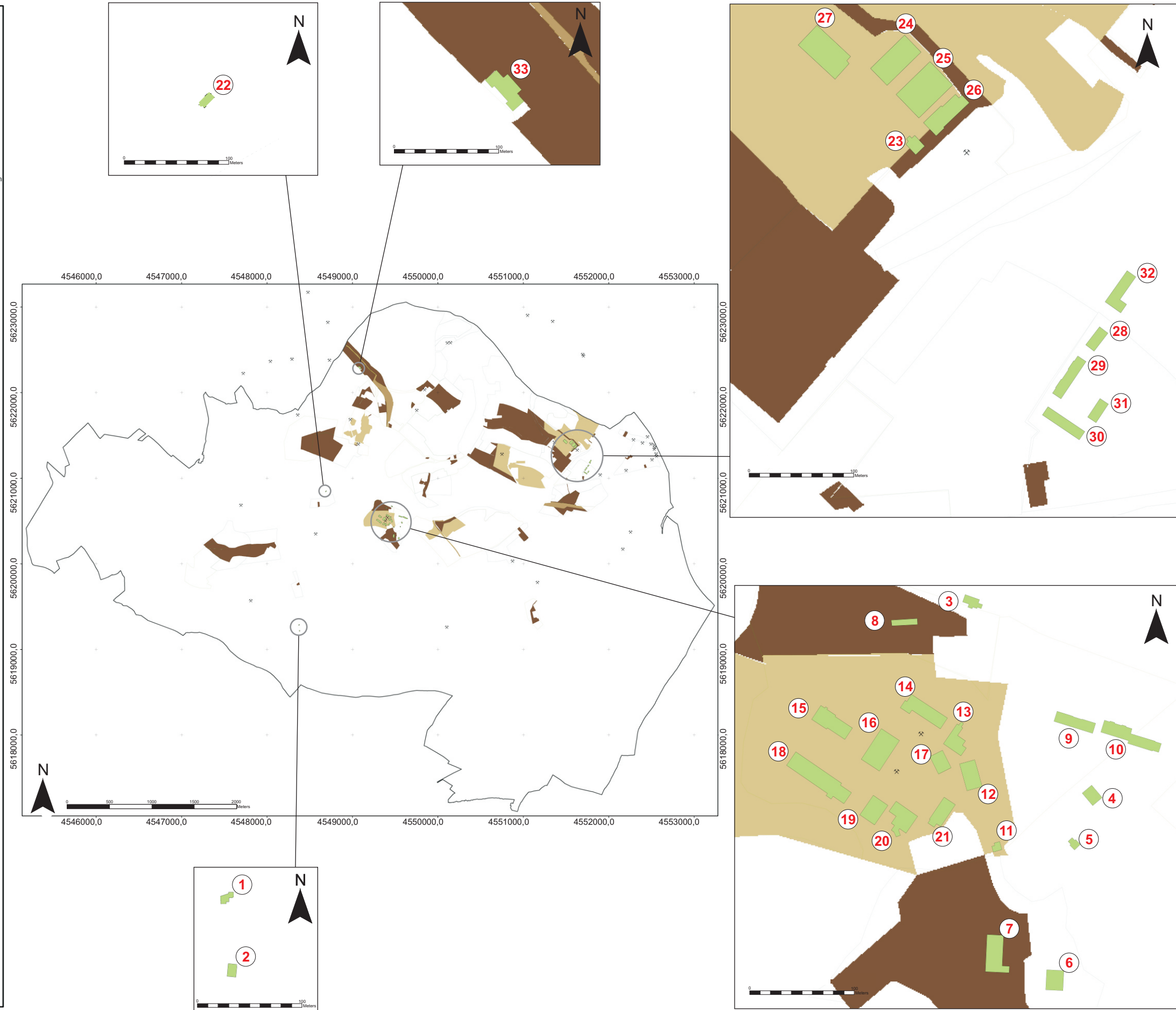
Altlastenverdachtsflächengefahr in analysierten Gebieten

TU Bergakademie Freiberg
Institut für Markscheidewesen und Geodäsie
Anna Romańska-Sobol

Anlage 7

Legend

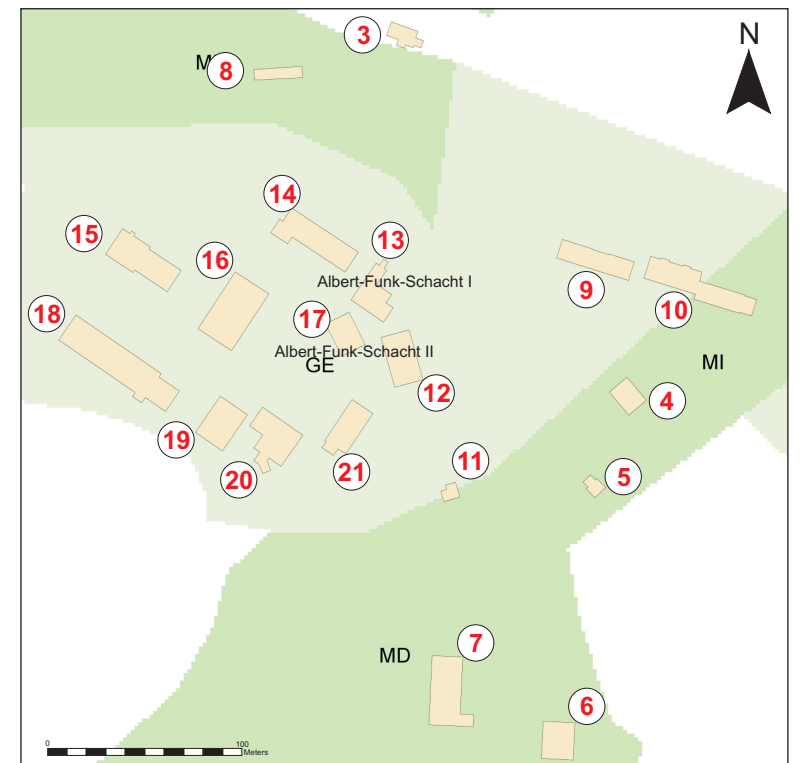
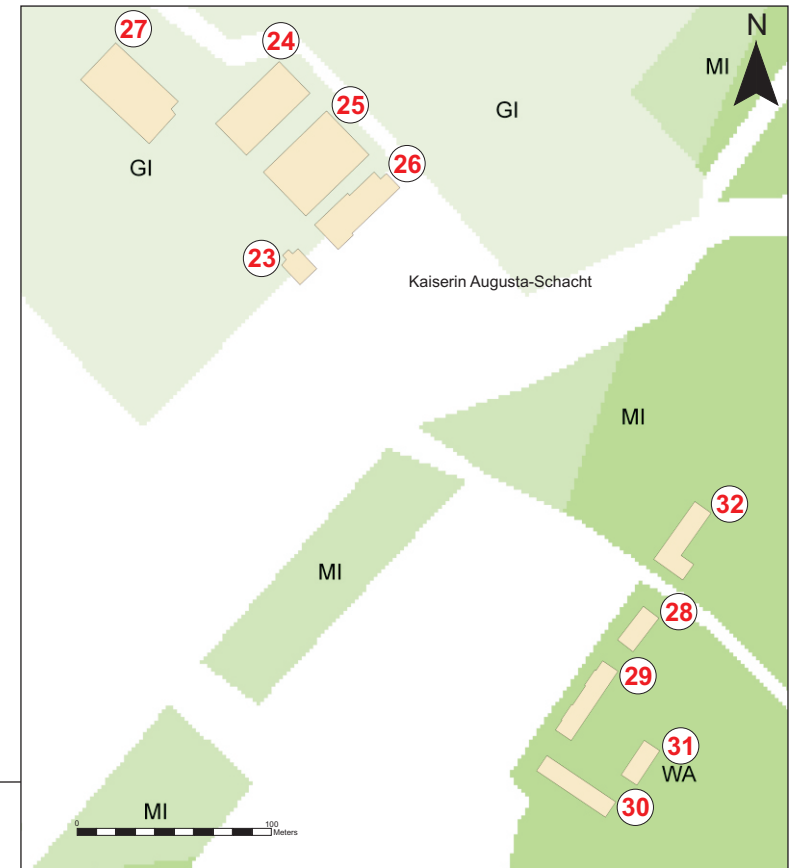
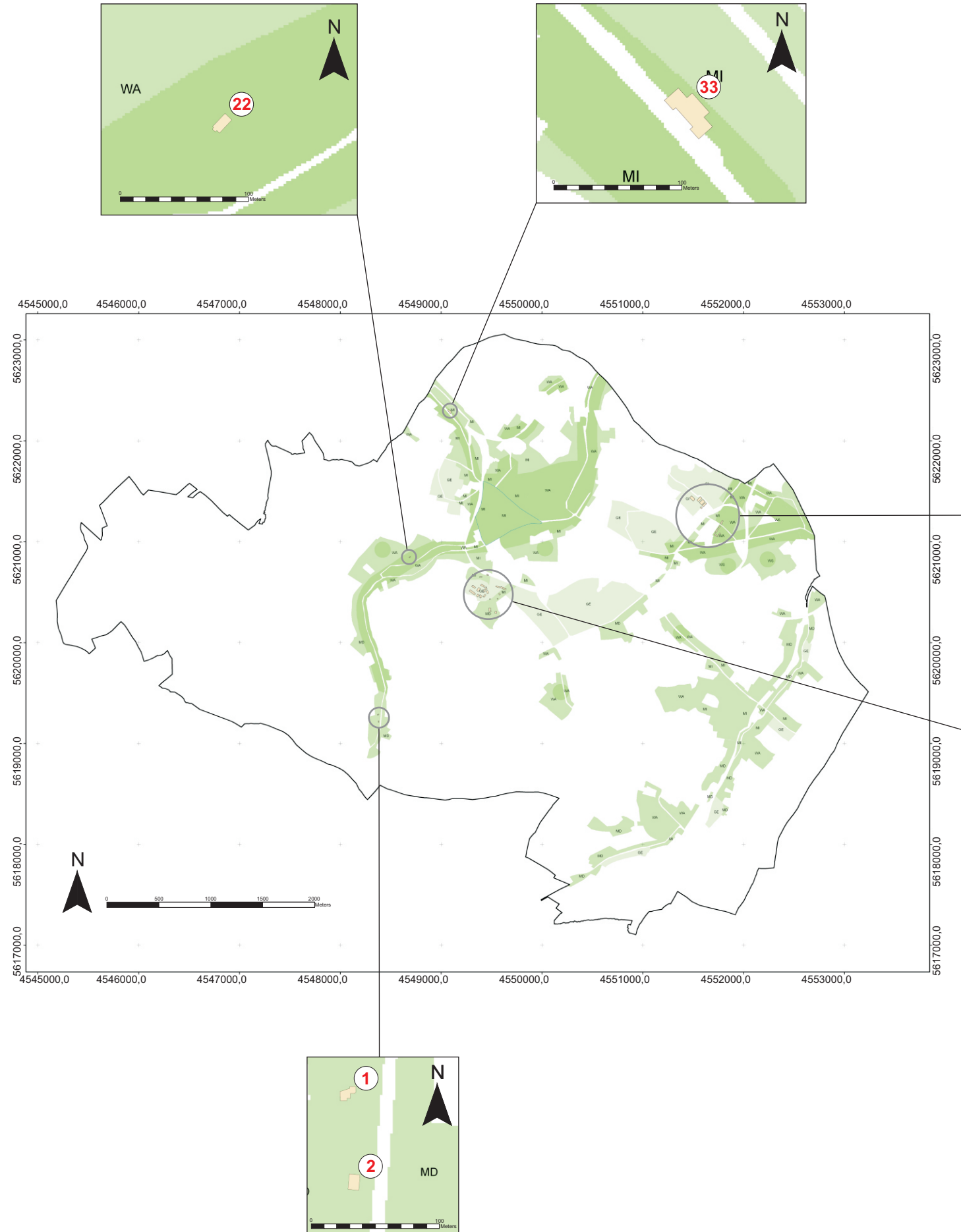
- Oelsnitz_Grenze
 - Objekt
 - Wohn-, Dorf-, Sondergebiete; Landwirtschaft; Schule; Grünflächen
 - Mischgebiete; Forstwirtschaft
 - Industrie-, Gewerbegebiete; Straßen; Bahnanlagen
 - Schacht
- Altlastenverdachtsflächengefahr**
- Value
- sehr gefährlich
 - nicht gefährlich
- (28) Objekt Nr.



Investitionsattraktivität für Wohnimmobilien hinsichtlich der Lage in analysierten Gebieten

TU Bergakademie Freiberg
Institut für Markscheidewesen und Geodäsie
Anna Románska-Sobol

Anlage 8



Investitionsattraktivität für Gewerbeimmobilien hinsichtlich der Lage in analysierten Gebieten

Anlage 9

Legend

Oelsnitz_Grenze

Objekt

Stadtzentrum

WA-Allgemeine Wohngebiete

WS-Kleinsiedlungsgebiete

MD-Dorfgebiete

MI-Mischgebiete

GE-Gewerbegebiete

GI-Industriegebiete

Investitionsattraktivität (GI)

Value

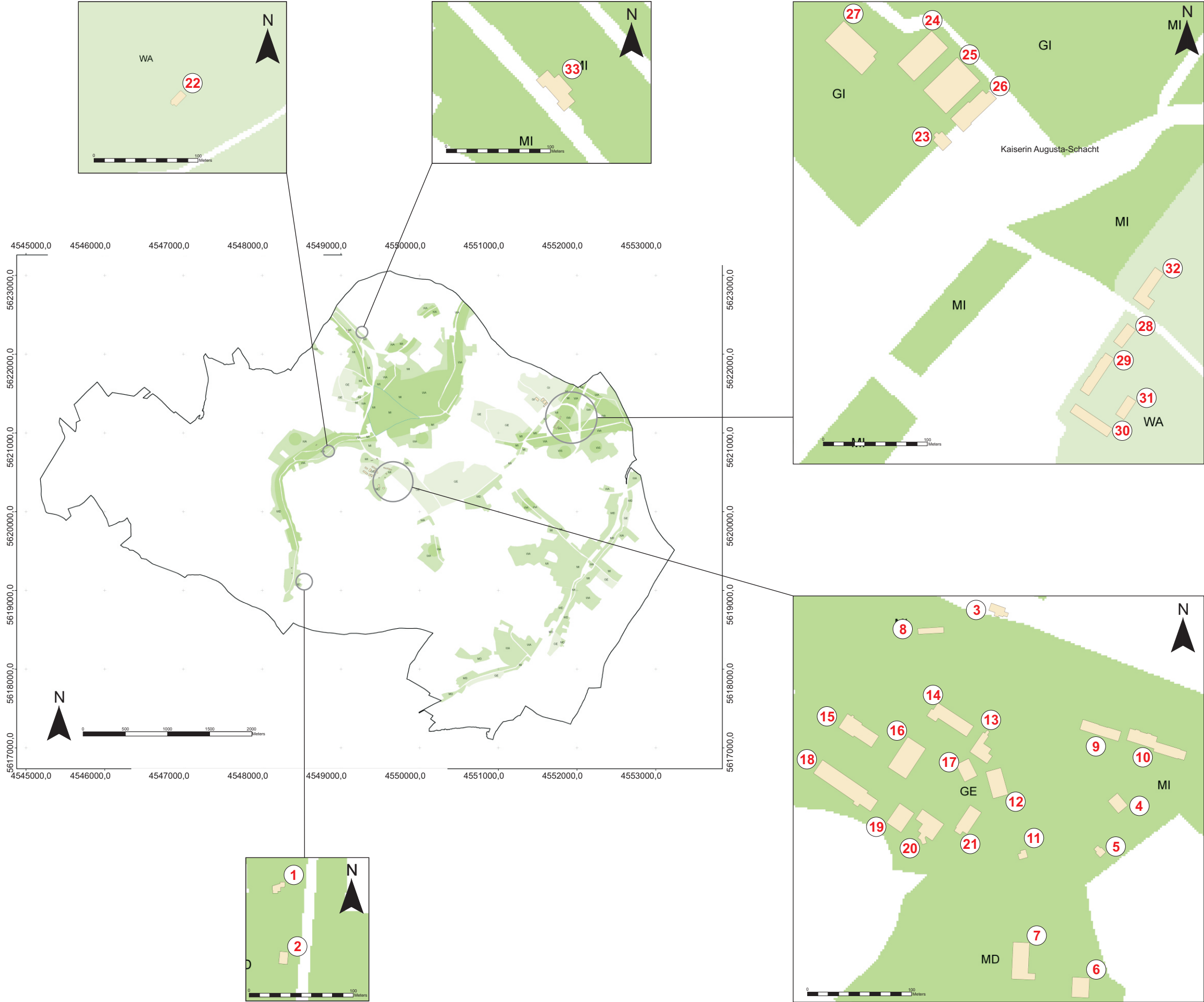
wenig attraktiv

sehr attraktiv

TU Bergakademie Freiberg

Institut für Markscheidewesen und Geodäsie

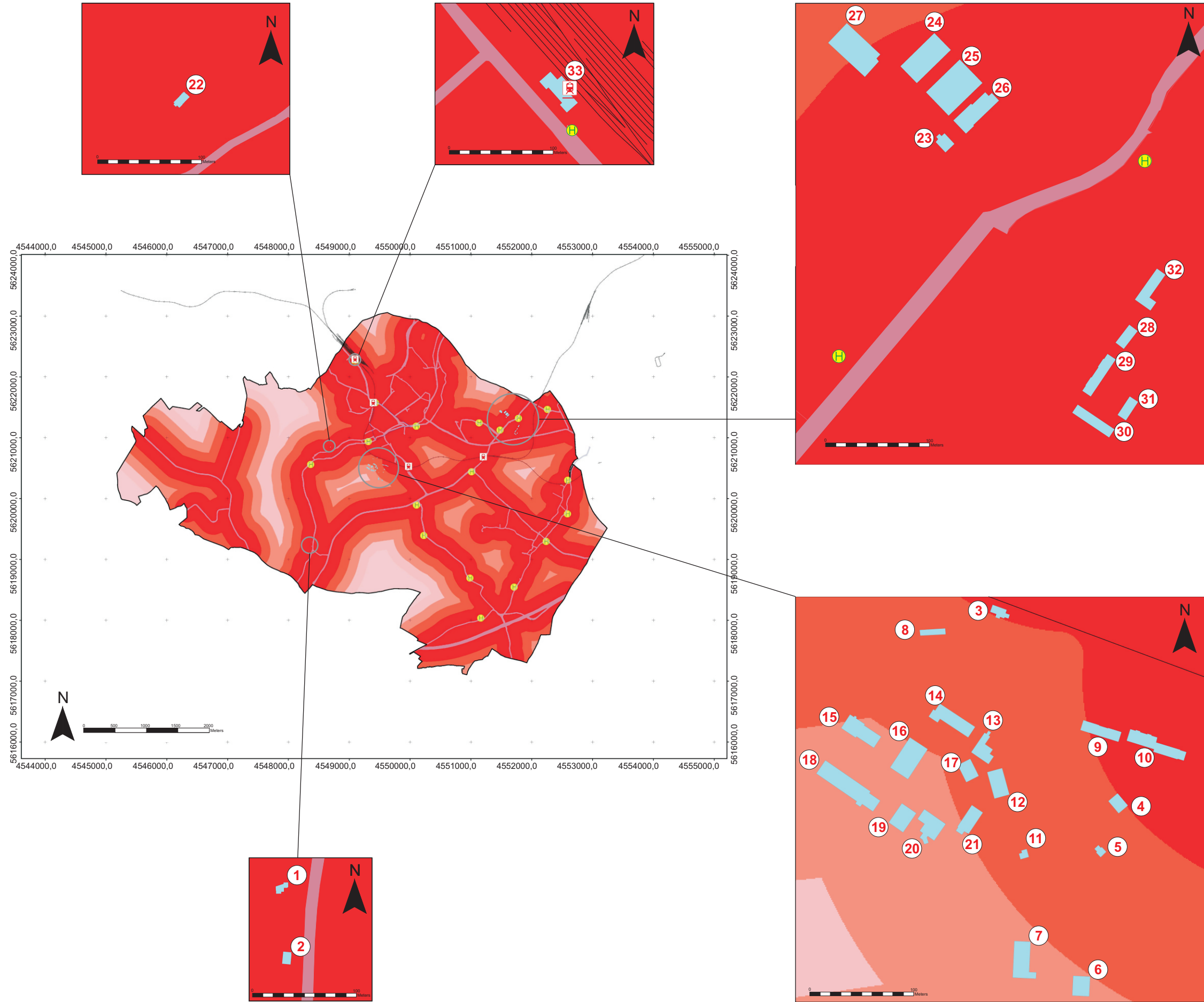
Anna Romaniska-Sobol



Investitionsattraktivität hinsichtlich der Verkehrsanbindungsmöglichkeiten in analysierten Gebieten

TU Bergakademie Freiberg
Institut für Markscheidewesen und Geodäsie
Anna Romanska-Sobol

Anlage 10



ANLAGE 11**Objektstandort**

Objekt Nr.	Standort
1	Obere Hauptstraße 148
2	Obere Hauptstraße 150a
3	Albert-Funk-Str. 3
4	Albert-Funk-Str. 6
5	Albert-Funk-Str. 8
6	Albert-Funk-Str. 10.1
7	Albert-Funk-Str. 10.2
8	ehem. Albert-Funk-Schacht Gebäude 2
9	ehem. Albert-Funk-Schacht Gebäude 7
10	ehem. Albert-Funk-Schacht Gebäude 8
11	ehem. Albert-Funk-Schacht Gebäude 10
12	ehem. Albert-Funk-Schacht Gebäude 11
13	ehem. Albert-Funk-Schacht Gebäude 12
14	ehem. Albert-Funk-Schacht Gebäude 13
15	ehem. Albert-Funk-Schacht Gebäude 14
16	ehem. Albert-Funk-Schacht Gebäude 15
17	ehem. Albert-Funk-Schacht Gebäude 16
18	ehem. Albert-Funk-Schacht Gebäude 17
19	ehem. Albert-Funk-Schacht Gebäude 18
20	ehem. Albert-Funk-Schacht Gebäude 19
21	ehem. Albert-Funk-Schacht Gebäude 20
22	Rudolphstraße 8
23	Turleyring Gebäude 15
24	Pflockenstraße Halle 17
25	Pflockenstraße Halle 18
26	Pflockenstraße Halle 19
27	Pflockenstraße 2 (Heizkraftwerk)
28	Willibald-Emmrich-Str. 1
29	Willibald-Emmrich-Str. 2; 3
30	Willibald-Emmrich-Str. 4; 5
31	Willibald-Emmrich-Str. 6
32	Willibald-Emmrich-Str. 15; 16
33	Bahnhofstraße 94

ANLAGE 12

Vermietungsstand in % und Nutzfläche in m²

<div><div>Jahr</div><div>Objekt Nr.</div></div>	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Nutzfläche [m²]
1	0	30	60	100	100	100	100	100	100	100	68
2	30	60	100	100	100	100	100	100	100	100	288
3	0	30	60	100	100	100	100	100	100	100	120
4	0	30	60	100	100	100	100	100	100	100	624
5	0	60	100	100	100	100	100	100	100	100	216
6	0	30	60	100	100	100	100	100	100	100	680
7	0	30	60	100	100	100	100	100	100	100	576
8	0	30	100	100	100	100	100	100	100	100	125
9	0	40	60	100	100	100	100	100	100	100	400
10	0	40	60	100	100	100	100	100	100	100	638
11	0	70	100	100	100	100	100	100	100	100	66
12	0	30	40	60	100	100	100	100	100	100	864
13	0	30	40	60	100	100	100	100	100	100	348
14	0	30	40	60	100	100	100	100	100	100	586
15	0	30	60	100	100	100	100	100	100	100	573
16	0	30	40	60	100	100	100	100	100	100	1520
17	0	30	40	60	100	100	100	100	100	100	544
18	0	30	40	60	100	100	100	100	100	100	1067
19	0	30	40	60	100	100	100	100	100	100	406
20	0	30	40	60	100	100	100	100	100	100	1004
21	0	30	60	100	100	100	100	100	100	100	740
22	30	60	100	100	100	100	100	100	100	100	226
23	0	40	60	100	100	100	100	100	100	100	210
24	0	30	60	100	100	100	100	100	100	100	3241
25	0	30	60	100	100	100	100	100	100	100	1550
26	0	30	60	100	100	100	100	100	100	100	740
27	0	60	60	100	100	100	100	100	100	100	1350
28	0	70	100	100	100	100	100	100	100	100	352
29	0	70	100	100	100	100	100	100	100	100	504
30	0	70	100	100	100	100	100	100	100	100	504
31	0	70	100	100	100	100	100	100	100	100	352
32	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	660
33	0	30	60	100	100	100	100	100	100	100	827

Danksagung

Die vorliegende Dissertationsschrift entstand während meiner Forschungstätigkeit am Institut für Markscheidewesen und Geodäsie der TU Bergakademie Freiberg. Hiermit möchte ich mich bei all denen bedanken, die mich bei der Anfertigung dieser Arbeit unterstützt haben.

An erster Stelle bedanke ich mich bei meinem Doktorvater und Institutsdirektor Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Anton Sroka für die Betreuung und den wissenschaftlichen Freiraum für diese Arbeit. Seine wertvollen Hinweise und die anregenden Diskussionen haben entscheidend zum Gelingen der Arbeit beigetragen.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Franz Reuter von der TU Dresden danke ich für die fachliche Unterstützung sowie für seine Hinweise und Kommentare.

Für die stets tatkräftige Unterstützung bei der Datensammlung sowie für die anregenden und motivierenden Gespräche während des gesamten Forschungsprozesses gilt mein besonderer Dank Herrn Dr. rer. nat. habil. Rolf Stoll.

Im Weiteren danke ich allen Mitarbeitern des Institutes für die freundliche Arbeitsatmosphäre. Besonders bin ich Herrn Dr.-Ing. Karl-Heinz Löbel für die wichtigen Hinweise und Diskussionen in der Anfangsphase der Dissertation dankbar.

Für die zur Verfügung gestellten Daten und Unterlagen gilt mein Dank den Mitarbeitern des Stadtverwaltung Oelsnitz/Erzgeb., des LfUG Freiberg und des Landratsamtes Erzgebirgskreis.

Bei Kristine und Jens bedanke ich mich ganz herzlich für ihre sprachliche Unterstützung, um meine Gedanken und Meinungen korrekt auf Deutsch zu formulieren.

Weiterhin danke ich meinem Mann Konrad für seine Ermutigung, die wertvollen Ratschläge und seine Geduld. Meiner Familie in Polen möchte ich für ihr Verständnis danken. Ein Dank geht auch an meine Freunde in Freiberg und in Krakau, die mich auf ihre Weise unterstützt haben.

Anna Romańska-Sobol, Freiberg, April 2013

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Vor- und Zuname: Anna Romańska-Sobol
Staatsangehörigkeit: polnisch
Geburtsdatum: 22. November 1982
Geburtsort: Krakau, Polen

Ausbildung:

- 2007 - 2013** **Institut für Markscheidewesen und Geodäsie, Technische Universität Bergakademie Freiberg, Deutschland**
Promotionsstudium
Dissertationsthema: Ein Verfahren zur Wertermittlung von bergbaubeeinflussten Immobilien unter Verwendung des DCF-Verfahrens und der Fuzzy-Logik
Titel: Dr.-Ing.
- 2001 - 2006** **AGH Wissenschaftlich-Technische Universität Krakau, Polen**
Studiengang: Geodäsie und Kartographie
Vertiefung: Grundstücksbewertung und Katasterwesen
Titel: M.Sc-Ing.
- 2004 - 2006** **Österreich Institut Krakau, Polen**
Sprachkurs: Deutsch für den Alltag, Konversation, Wirtschaftsdeutsch
- 2004 - 2006** **Pädagogisches Studium, Polen**
AGH Wissenschaftlich-Technische Universität Krakau,
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften
- 1997 - 2001** **Gymnasium Jan III Sobieski, Krakau, Polen**

Berufserfahrung:

- 04.2012- derzeit** **Stadtverwaltung Bielsko-Biala, Polen, Abteilung für Geodäsie und Kartografie: Inspektorin**
Modernisierung des Liegenschaftskatasters - Kontrolle und Übernahme der Ergebnisse von Katastervermessungen, Aktualisierung der Katasterdaten, Fortführung der automatisierten Liegenschaftskarte; Überprüfung der geodätischen und kartographischen Dokumentationen; Zusammenarbeit mit Auftragnehmern im Bereich Vermessung; Aktualisierung der geodätischen und kartographischen Datenbestände und Bereitstellung von Informationen aus diesen Datenbeständen.

- 09.2011- 03.2012 Landratsamt Bielsko-Biala, Polen, Abteilung für Geodäsie und Kartografie: Unterinspektorin**
Aktualisierung der geodätischen und kartographischen Datenbestände; Übernahme der Ergebnisse von Vermessungen; Überprüfung auf Richtigkeit der von Auftragnehmern aktualisierten Daten; Bereitstellung von Informationen aus geodätischen und kartographischen Datenbeständen; Zusammenarbeit mit Auftragnehmern im Bereich Vermessung.
- 07.2011- 08.2011 Stadtverwaltung Krakau, Polen, Abteilung für Geodäsie: Unterinspektorin**
Vorbereitung der Anträge und Unterlagen für die Bestätigung der Kommunalisierung von Liegenschaften, die vor 1990 zum staatlichen Eigentum gehörten; Analyse von Grundbüchern und geodätischen Quellenmaterialien; Zusammenarbeit mit der Grundbuchabteilung des Amtsgerichts in Krakau.
- 08.2007- 06.2011 Institut für Markscheidewesen und Geodäsie, Technische Universität Bergakademie Freiberg, Deutschland: wissenschaftliche Hilfskraft**
Durchführung eines europäischen Projektes zur Entwicklung einer neuen Wertermittlungsmethode für bergbaubeeinflusste Immobilien in Oelsnitz/Erzgeb.; Unterstützung bei laufenden Institutsprojekten.
- 07.2006 - 03.2007 Beak Consultants GmbH, Freiberg, Deutschland: Praktikantin**
Mitarbeit am Aufbau eines geologischen Kartenwerkes für den Kosovo und für die Republik Ghana; Interpretations- und Erfassungsarbeiten zum Projekt "Aktualisierung und Homogenisierung des Datenbestandes der Biotoptypen- und Landnutzungskartierung an Hand aktueller digitaler Color-Infrarot-Orthophotos"; Mitarbeit an der Georeferenzierung und Erfassung von Daten des Bohrungskatasters des Landes Sachsen.
- 02 - 04.2006 Madar GmbH, Krakau, Polen: Angestellte**
Gewinnung von Katasterdaten und qualifizierbaren Gebieten für die Identifizierung landwirtschaftlich genutzter Parzellen (LPIS).
- 05 - 09.2005 Amt für Landwirtschaft und Landschaftsplanung, Krakau, Polen: Angestellte**
Vermessung und Zertifizierung landwirtschaftlicher Betriebe in Kleinpolen.

V e r s i c h e r u n g

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts habe ich Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten:

Prof. Dr.-Ing. habil. Anton Sroka
Prof. Dr.-Ing. Franz Reuter

Weitere Personen waren an der Abfassung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Die Hilfe eines Promotionsberaters habe ich nicht in Anspruch genommen. Weitere Personen haben von mir keine geldwerten Leistungen für Arbeiten erhalten, die nicht als solche kenntlich gemacht worden sind.

Die Arbeit wurde bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Anna Romańska-Sobol

Freiberg, 4.09.2012